



Hinc patriam sustinet

Instituto Superior de Agronomia
Universidade Técnica de Lisboa



A reutilização de águas residuais em Cabo Verde
Análise crítica da situação actual em Santiago
Caso de Estudo Santa Cruz

Larissa Helena Ferreira Varela

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente

Orientadora: Doutora Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte

Co-orientador: Doutor Francisco Cardoso Pinto

Jurí:

Presidente: Doutora Amarílis Paula Alberti de Varennes e Mendonça, Professora Catedrática do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: Doutora Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte, Professora Catedrática do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutor Pedro Manuel Leão Rodrigues de Sousa, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutor Augusto Manuel Nogueira Gomes Correia, Professor Associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutor Francisco Cardoso Pinto, Professor Associado Aposentado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Lisboa, 2011

“Water should be judged not by its history, but by its quality”
Van Vuuren (1970)

Agradecimentos

Agradeço a Deus por cada momento de paz, saúde e harmonia com que sempre me tem abençoado.

Meus sinceros agradecimentos às instituições e individualidades que com o seu contributo permitiram a realização deste estudo.

À Professora Doutora Elizabeth de Almeida Duarte e ao Professor Doutor Francisco Cardoso Pinto um muito obrigado por terem aceitado orientar esta tese, pela atenção e dedicação que prestaram a este trabalho, pelos ensinamentos e conhecimentos partilhados, pelas sugestões, pelos incentivos e pela simpatia que dedicaram no desenrolar deste trabalho;

Ao Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário (INIDA) e ao Instituto Superior de Agronomia (ISA) por todo o apoio logístico na realização das análises laboratoriais. Agradeço especialmente aos Engenheiros e técnicos dos laboratórios LASAP – INIDA e dos laboratórios do DQAA – ISA pelo apoio prestado na elaboração das análises, e destacaria a Sr.^a Lena Barreto, Sr.^a Mena Gomes; Sr.^a Rita Cunha; bióloga Ana Bela Cruz, Sr.^a Eng.^a Balbina Veiga, Sr.^a Eng.^a Zenaida Costa, Sr. Eng.^o Domingos Figueiredo, Sr. Eng.^o Miguel Martins e Sr.^a Ana Maria muito obrigada pela vossa contribuição;

Agradeço ao SAAS- Santa Cruz por ter aceitado apoiar este trabalho e ter proporcionado todas condições logísticas a seu alcance à sua realização. Ao seu Director executivo, Sr. Eng.^o Paulo Tavares, obrigada pela oportunidade, pelos conhecimentos partilhados e pela amizade. À colega e amiga Eng.^a Dilma Landim, pelo seu especial contributo principalmente nas últimas fases do trabalho prático. A todos os funcionários deste serviço, que com muito boa vontade contribuíram para a realização deste trabalho, um muito obrigada.

Aos Srs. Professores Manuel Madeira e Pedro Leão, muito obrigada pela atenção e pelos ensinamentos e esclarecimentos;

À Deisy Alves, Jailson Bentub, Alberto Brito, Carla Margarida e Alexandre Giacobbo muito obrigada pelo apoio e pela partilha de informações;

À toda a minha família, principalmente à minha mãe Joana pelo apoio, incentivo, amizade, e por todos os valores que me transmitiu e continua a transmitir, e às minhas avós Sufia e Paula, um abraço terno. Obrigada minha querida irmã Cíntia pelo apoio prestado. Ao Daniel, um muito obrigado por todo o apoio ao longo deste curso e na realização deste trabalho em particular;

À querida amiga e conselheira, Professora Amarílis Mendonça por todo o apoio, simpatia e amparo que me dedicou nestes dois anos de vivência em Portugal;

Ao Conselho Científico do ISA, agradeço pelo acolhimento e por todo apoio que me foi concebido, durante o curso de Mestrado, um muito obrigado, e espero que minha prestação no curso tenha sido compensadora da especial atenção dedicada, muito obrigada;

Ao IPAD pelo apoio financeiro à minha participação neste curso, deixo os meus profundos agradecimentos.

Resumo

Tendo por base a caracterização socioeconómica e ambiental da ilha de Santiago – Cabo Verde, fez-se uma análise das potencialidades da reutilização das águas residuais (RAR) de origem urbana na ilha, com objectivo de contribuir para um melhor conhecimento da problemática da inserção deste recurso no planeamento dos recursos hídricos nacionais.

Para alcançar este objectivo, fez-se uma caracterização sumária das disponibilidades dos recursos hídricos da ilha e do seu aproveitamento. Analisou-se a cobertura dos sistemas de abastecimento de água potável e de drenagem e tratamento das águas residuais existentes, tendo-se estimado, com base nestes dados, as disponibilidades de águas residuais tratadas (ART) e avaliado o peso da possível contribuição destas águas para a satisfação das necessidades da agricultura calculadas para a ilha e seus municípios na actualidade e no ano 2020.

Analisou-se, como um caso de estudo, a reutilização das águas residuais tratadas (RART) no município de Santa Cruz, o único sistema de RART em exploração na Ilha de Santiago. Esta análise envolveu a caracterização e avaliação das condições de funcionamento da ETAR com base em trabalho de campo aí realizado, que envolveu o acompanhamento da instalação e a caracterização laboratorial das águas residuais brutas e tratadas. Caracterizou-se as explorações agrícolas situadas nas proximidades da ETAR com recurso à uma avaliação de campo, à um inquérito aos agricultores e à análises laboratoriais de solos e de águas utilizadas na rega. Avaliou-se, através de inquérito, os conhecimentos da população de Santa Cruz relativamente à rega com ART e caracterização da sua atitude em termos da aceitação desta prática na região.

Em termos de resultados obtidos constatou-se que apesar de Cabo Verde se encontrar em situação de escassez absoluta de água, observou-se que na ilha de Santiago, apenas para o município de Santa Cruz se chegou a valores de necessidades de água para a rega superiores às disponibilidades de água asseguradas pelas origens naturais exploradas.

Verificou-se que na ilha de Santiago apenas se reutiliza um volume muito reduzido de ART, 36500 m³/ano, ou seja, menos de 1% das necessidades previstas para o cenário de menores necessidades, estimando-se o volume de ART actualmente disponível em 0,43×10⁶ m³ (12% das AR geradas), que corresponde a 7% das necessidades de água para a rega calculadas para o cenário mais favorável.

Relativamente à Santa Cruz, face às condições em que actualmente se processa a RART concluiu-se ser necessária uma reavaliação das mesmas, em particular no que diz respeito ao tratamento e monitorização da qualidade da ART e às condições de aplicação.

Palavras-chave: Cabo Verde, necessidades de água, rega com águas residuais, tratamento e qualidade da água

Abstract

The potential of urban wastewater reuse was analyzed, based on the socioeconomic and environmental characterization of Santiago island (Cape Verde), aiming to contribute to a better understanding of the concerns of integrating this alternative on the management policy of the country's water resources. To achieve this, a brief characterization of water resources availability and its uses in Santiago was made. The amount of per capita water consumption, the network coverage of water supply and sewerage and wastewater treatment plant (WWTP) coverage were studied as factors affecting the potential of wastewater reuse. It was estimated the amount of water needs for agricultural irrigation for each municipality on the island, according to their respective agricultural area with suitability for irrigation. It were considered two scenarios of water needs of the most important crops in terms of area and specific water demands (sugar-cane and banana).

It was we studied the potential of treated wastewater (TWW) to meet such needs at each one municipalities of the island.

The potential of TWW use for irrigation in 2020 was evaluated predicting improvement of water supply and sewage drainage and wastewater treatment conditions, admitting that it be will reused, by that time, 50% of treated wastewater.

The situation of TWW reuse in Santa Cruz, one of Santiago's municipalities, was particularly studied, in what concerns the WWTP operation. It was qualitatively and quantitatively analyzed the affluent and the effluent of treatment plant, useful information for assessing the suitability of TWW for irrigation. The farms sit near to WWTP were characterized through the evaluation of soils, crops, and irrigation water used.

The acceptance of TWW use in irrigation, the current knowledge and perspectives about irrigation with TWW were also evaluated through a survey directed to farmers and Santa Cruz inhabitants in general.

It was found that volume of TWW in Santiago is actually low compared to water needs for irrigation, but this volume will increase significantly until 2020 reaching 50 times higher values.

Key words: Cape Verde, water needs, irrigation with treated wastewater, treatment and water quality

Extended Abstract

During the last years the fast growth of the world's population, rapid urbanization and megacity development, increasing competition among water users, water scarcity and growing concerns for health and environmental protection were major driving forces for the reutilization of wastewater all around the world. The insufficient water availability due to droughts (especially in semi-arid to arid climates), water pollution, inadequate and unreliable supply due to lack of infrastructures are the major causes for water scarcity (Pereira, *et al.*, 2009).

According to the International Water Management Institute, by 2025 1,8 billion people will live in countries or regions with absolute water scarcity (Lazarova & Asano, 2005). Cape Verde is already in that situation with each inhabitant in the country living annually with 479 m³ of water for all domestic and industrial uses.

Several research studies showed that treated wastewater (TWW), if managed properly, is considered as a major component of the water resources supply to meet the needs for a growing economy (Bdoura *et al.*, 2009). Therefore, the strategy for regions with water scarcity is to fully utilize TWW in agriculture, which is the major sector of water consumption.

This study aims to contribute for the inclusion of the municipal TWW on the water management resources in the island of Santiago (Cape Verde), supported by the analysis of technical, socio-economic and environmental aspects associated with its reutilization in irrigation and its effects on the potential reuse of TWW.

Quantitative analysis of the TWW volume generated on the island indicates that there is a daily flow of 1.091 m³, mainly concentrated in the city of Praia (88.5%), where land prices are high and there are small agricultural areas. In 2010 the reutilization of TWW has only been practiced in Santa Cruz, which recycled nearly all the municipal treated effluent (36500 m³/year) in agricultural irrigation (50 to 70%) and urban uses. This volume has the potential to irrigate 2,6 ha of agricultural crops of banana and sugar-cane.

The availability of TWW was calculated for 2020, according to the perspectives of the National Water Resources Management Plan (PAGIRE) and with the improvement of water supply and drainage of wastewater. For this period, TWW availability for reutilization is around 2.12×10^6 m³/year. If half of this volume is reused, as provided for INGRH (2000), 7.27% of agricultural water demand will be satisfied.

The volume of TWW available for 2020 will be 5 times greater than the current volume and the volume to be reused will be 50 times greater than the current one. The increase of public drinking water supply from less than 50% to 90%, increase of water consumption *per capita* from 50L/hab.day⁻¹ to 90L/hab.day⁻¹, increase of wastewater treatment coverage for sewage from 7,3% to 40% (for urban population) and the population increase, will contribute significantly to this difference in volume between 2010 and 2020.

The case study of TWW reuse in Santa Cruz included the characterization of the municipal wastewater treatment plant (WWTP) operating conditions, determination of its efficiency in removing pollutants, quantitative and qualitative monitoring of influent and effluent streams and characterization of the TWW reutilization performed in the municipality.

The WWTP combines affluent anaerobic digestion followed by granular media filtration. At the moment it is working at less than 10% of the project capacity, with a daily flow of 100.13 m³/day (1363 equivalent inhabitants) and has a TSS, COD and BOD₅ removal efficiency of 99.2%, 98.4% and 99.7%, respectively. Most of the tests carried out showed levels of 100% fecal coliforms removal.

TWW EC average value is around 2,7 dS/m, which allows it to be used on the irrigation of moderately salt tolerant crops. RAS value in the final effluent is in the range of 6,56 and the nitrate, phosphorous, potassium and chlorine concentrations are 125 mg/L of N-NO₃⁻, 7,62 mg/L of P₂O₅, 213 mg/L of K⁺ and 373,62 mg/L of Cl⁻, respectively. Even with the concentrations of chlorides and nitrates not fulfilling the EPA recommendations for TWW reuse in agricultural irrigation, its quality is better than natural water actually used for irrigation in the agricultural area near Santa Cruz WWTP. This situation makes TWW a better option for agricultural irrigation, since its microbiological quality does not pose a risk to human health according to the WHO standard.

Some farmers with properties in the neighborhood of the WWTP began to use the TWW for irrigation and others also want to begin doing the same, motivated by the scarcity and unavailability of good water quality for irrigation. As the general population of Santa Cruz, farmers do not have enough knowledge about the risks and the procedures to be considered in the irrigation with TWW and handling of the products irrigated with this kind of water. Reuse of TWW on the island of Santiago is not institutionalized or regulated, even with the considerable volume of TWW available for reutilization. To promote and control the reuse of TWW in safety conditions it is recommended to create an organism responsible for structuring that practice. It is also necessary to create legal instruments and standards on the reuse of TWW, to be implemented for the safety of all risk groups.

Índice geral

1.	Introdução.....	1
1.1.	Objectivos.....	2
1.2.	Justificação da utilização das águas residuais tratadas na rega no município de Santa Cruz	2
1.3.	Estrutura do trabalho	3
2.	Revisão bibliográfica	4
2.1.	A reutilização das águas residuais.....	4
2.1.1.	Aspectos gerais	4
2.1.2.	Desafios e constrangimentos da reutilização das ART	7
2.1.3.	A participação pública nos projectos de reutilização das ART	8
2.2.	A reutilização das ART na rega.....	8
2.2.1.	O interesse da rega com águas residuais.....	9
2.2.2.	Inconvenientes da rega com ART	11
2.2.2.1.	<i>Efeitos sobre o solo</i>	11
2.2.2.2.	<i>Efeitos sobre os meios hídricos</i>	13
2.2.2.3.	<i>Efeitos sobre plantas</i>	13
2.2.2.4.	<i>Efeitos sobre a saúde humana</i>	13
2.2.3.	Medidas de controlo do risco sanitário.....	16
2.3.	O tratamento das águas residuais	17
2.3.1.	Tratamentos convencionais	18
2.4.	Enquadramento legal e normativo da rega com AR	20
2.5.	Aspectos técnicos da rega com ART	20
2.5.1.	Qualidade da água	20
2.5.2.	Métodos de rega.....	24
2.6.	Reutilização de ART na rega paisagística (rega de espaços desportivos).....	26
2.7.	Reutilização das ART noutros usos urbanos	26
2.8.	Casos de reutilização das ART em Cabo Verde.....	27
3.	Metodologia de trabalho	29
3.1.	Principais fases do trabalho	29
3.2.	Metodologia utilizada.....	29
3.2.1.	Estimativa das disponibilidades de AR	29
3.2.2.	Estimativa das ART disponíveis.....	29
3.2.3.	Cálculo das necessidades de água para a rega	30
3.2.4.	Seleção das culturas a considerar	30
3.2.5.	Levantamento das áreas agrícolas ocupadas por cada cultura	30
3.2.6.	Caracterização das águas residuais	31

3.2.7.	Caracterização da área agrícola contígua à ETAR de Santa Cruz e inquérito à população do município.....	31
3.2.8.	Análise dos dados	32
4.	A reutilização das ART em Santiago - Cabo Verde	33
4.1.	Características gerais da ilha de Santiago	33
4.2.	Recursos Hídricos	33
4.3.	Saneamento básico.....	36
4.4.	Volumes de águas residuais geradas	37
4.5.	A agricultura em Santiago - Cabo Verde	38
4.5.1.	A agricultura de regadio	39
4.6.	Previsão da reutilização das ART em 2020	45
5.	O tratamento e a reutilização das ART em Santa Cruz – Caso de estudo.....	49
5.1.	Descrição geral da área de estudo	49
5.2.	Clima	49
5.3.	População.....	49
5.4.	Saneamento básico.....	50
5.4.1.	Abastecimento de água.....	50
5.4.2.	Drenagem de águas residuais	51
5.5.	Descrição do sistema de recolha e tratamento de Águas Residuais de Santa Cruz .	52
5.5.1.	Rede de drenagem de águas residuais municipais	52
5.5.2.	Volume de águas residuais afluído à ETAR.....	52
5.5.3.	O tratamento da água residual – ETAR de Santa Cruz	53
5.6.	Produção de águas residuais tratadas.....	55
5.7.	Caracterização físico-química e microbiológica do afluente e dos efluentes da ETAR	55
5.7.1.	Pontos de amostragem	55
5.7.2.	Resultados e discussão dos resultados das análises do afluente e dos efluentes da ETAR de Santa Cruz	56
5.7.2.1.	Aspectos estatísticos associados às análises laboratoriais.....	56
5.7.2.2.	Qualidades microbiológicas – coliformes totais e coliformes fecais	56
5.7.2.3.	Qualidade físico-química e química	57
5.7.2.4.	Parâmetros de importância agronómica	64
5.8.	As lamas geradas.....	67
5.9.	Inquérito aos utilizadores e potenciais utilizadores das águas residuais tratadas na agricultura	67
5.9.1.	Utilizadores das ART na rega	68
5.9.2.	Potenciais utilizadores das ART na rega	69
5.9.3.	Solos nas proximidades da ETAR.....	70
5.9.4.	Água de origens naturais utilizadas na rega	71

5.10. Aceitação da rega com ART pela população de Santa Cruz.....	73
6. Conclusões e perspectivas futuras	75
7. Bibliografia consultada	78
ANEXO I	xiv
ANEXO II	xv
ANEXO III	xvi
ANEXO IV	xvii
ANEXO V	xix
ANEXO VI	xx
ANEXO VII	xxi
ANEXO VIII	xxii
ANEXO IX	xxiv
ANEXO X	xxv
ANEXO XI	xxvi
ANEXO XII	xxviii
ANEXO XIII	xxix
ANEXO XIV	xxx

Índice de quadros

Quadro 2.1: Volume das ART usadas em alguns países e contribuição deste volume para a satisfação das necessidades de água	6
Quadro 2.2: Mecanismos envolvidos no comportamento e destino dos compostos orgânicos no solo	9
Quadro 2.3: Ocorrência de doenças originadas pela água em Cabo Verde no período de 1994 a 1998	15
Quadro 2.4: Tempo de sobrevivência de alguns organismos patogénicos em diferentes meios	15
Quadro 2.5: Distância mínima entre o limite da zona regada e zonas com ocupação humana .	17
Quadro 2.6: Remoção das bactérias por diferentes processos de tratamento	19
Quadro 2.7: classificação da água de rega quanto à salinidade segundo a sua EC.	24
Quadro 4.1: A disponibilidade hídrica nas ilhas de Cabo Verde segundo a origem da água	34
Quadro 4.2: Formas de captação e volumes de água captados em Santiago	35
Quadro 4.3: Disponibilidade de água potável nos municípios da ilha de Santiago	36
Quadro 4.4: Volumes diários de AR municipais geradas, recolhidas nas redes de drenagem de AR e tratadas em ETAR (valores obtidos com base em dados de 2010)	37
Quadro 4.5: Distribuição das áreas de regadio cultivadas e das áreas potencialmente cultiváveis por município (ha).....	39
Quadro 4.6: Necessidades hídricas anuais das plantas	41
Quadro 4.7: A área de ocupação das culturas de cana-de-açúcar e bananeira	42
Quadro 4.8: Volumes diários de água captados para uso agrícola segundo a origem (m ³ /dia)	44
Quadro 4.9: Caracterização da produção das ART e das necessidades de água para a rega no horizonte 2020	47
Quadro 5.1: Volume diário de águas residuais municipais conduzidos à ETAR	52
Quadro 5.2: Coliformes totais e fecais nos efluentes na sequência do tratamento.....	57
Quadro 5.3: Valores da temperatura, CE, SDT, pH e turbidez na sequência do tratamento	59
Quadro 5.4: Teor dos ST, STV, SST e SSTV na sequência do tratamento	61
Quadro 5.5: Teor do CQO e CBO ₅ na sequência do tratamento.....	62
Quadro 5.6: Carga diária dos ST, STV, SST, SSTV, CQO e CBO ₅ na sequência do tratamento	63
Quadro 5.7: Teor do COT dos efluentes filtrados e final	63
Quadro 5.8: Teor das diferentes formas de azoto ao longo da sequência do tratamento.....	65
Quadro 5.9: Teor do fósforo, potássio e sulfatos na sequência do tratamento	66
Quadro 5.10: Teores de cálcio, magnésio, cloretos, sódio e a RAS na sequência do tratamento	66
Quadro 5.11: Teor dos micronutrientes na sequência do tratamento.....	67
Quadro 5.12: Característica das lamas geradas.....	67
Quadro 5.13: Características físicas e químicas dos solos agricultáveis nas proximidades da ETAR.....	71
Quadro 5.14: Produção de água no concelho 2001. Adaptado de Tavares (2001)	71
Quadro 5.15: Caracterização físico-química e microbiológica da água de rega usada nas proximidades da ETAR	72

Índice de figuras

Figura 4.1: Consumos de água em Cabo Verde segundo o sector de actividade	35
Figura 4.2: Variação das necessidades de água de rega ao longo do ano segundo os municípios.....	42
Figura 4.3: Necessidades diárias de água para a rega da cana-de-açúcar e da bananeira em Santiago por ano.....	43
Figura 4.4: Necessidades vs disponibilidade de água para rega (origens naturais e ART)	45
Figura 4.5: Volumes de ART disponíveis reutilizados e necessidades de água para rega esperados Santiago em 2020	48
Figura 5.1: Fotografia aérea do litoral – centro da cidade de Santa Cruz	49
Figura 5.2: Variação do caudal horário afluente à ETAR ao longo do dia.....	53
Figura 5.3: Diagrama do funcionamento da ETAR	53
Figura 5.4: TRH no decantador/digestor ao longo do período de estudo.....	54
Figura 5.5: A bacia de infiltração e a estrutura do meio filtrante.....	54
Figura 5.6: Variação da Condutividade eléctrica da ART ao longo do período de monitorização do efluente tratado	58
Figura 5.7: Variação do pH na sequência dos tratamentos	59
Figura 5.8: Turbidez prevista e turbidez real do efluente filtrado.....	59
Figura 5.9: SST e SSTV no afluente e nos efluentes e suas eficiências de remoção pela estrutura de tratamento.....	61
Figura 5.10: CQO, CBO ₅ e a razão da biodegradabilidade	62
Figura 5.11: Carga diária dos ST, STV, SST, SSTV, CQO e CBO ₅	63
Figura 5.12: Relação entre o COT, CQO, CBO ₅ , ST e STV	64
Figura 5.13: Carga diária das diferentes formas de azoto ao na sequência do tratamento	65

Lista de Abreviaturas

AR – Águas residuais
ART – Águas residuais tratadas
CBO₅ – Carência bioquímica de oxigénio
CE – Condutividade Eléctrica
CMSC – Câmara Municipal de Santa Cruz
CNAG – Conselho Nacional de Água
CQO – Carência química de Oxigénio
ECV – Escudos de Cabo Verde
EE – Estação Elevatória
ETA – Estação de Tratamento de Água
ETAR – Estação (estações) de tratamento de águas residuais
INE – Instituto Nacional de Estatísticas (Cabo Verde)
INGRH – Instituto Nacional dos Recursos Hídricos
INIDA – Instituto Nacional de Investigação e desenvolvimento Agrário
INMG – Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica
MAA – Ministério do Ambiente e da Agricultura
MADRRM - Ministério do Ambiente Desenvolvimento Rural e Recursos Marinhos
N – Número de casos, ou frequência válidas
NMP – Número Máximo Previsto
OMS – Organização Mundial da Saúde
P – Significância
PAGIRE – Plano de Acção Nacional para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos
PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
QUIBB – Questionário Unificado de indicadores básicos de bem-estar
RART – Reutilização de águas residuais tratadas
SAAS – Serviço Autónomo de Água e Saneamento
SDT – Sólidos dissolvidos totais
SST (V) – Sólidos suspensos totais (voláteis)
ST (V) – Sólidos Totais (voláteis)
UNT – Unidade nefelométrica de turvação

1. Introdução

O abastecimento de água à população e aos sectores produtivos é o desafio mundial do milénio para os responsáveis do sector dos recursos hídricos em todo mundo. Pensa-se que em 2025 1,8 bilhões de pessoas viverão em países ou cidades com escassez absoluta de água, ou seja, com menos do que 100 m³ de água por ano, necessários para os usos mínimos domésticos e industriais (Lazarova & Bahri, 2005).

A aridez climática e o avanço da desertificação, o crescimento demográfico e a poluição das origens de água potável tornam esta missão cada vez mais complexa. Deste modo, o planeamento integrado dos recursos hídricos disponíveis e o aumento da eficiência do uso da água tornam-se imprescindíveis para a satisfação das necessidades de água da humanidade.

As águas residuais tratadas (ART), se geridas de forma apropriada, são vistas como a mais importante componente dos recursos hídricos para satisfazer a procura de água por uma economia em crescimento, sobretudo em países onde a água, como factor de produção, tem um custo elevado (Bdoura *et al.*, 2009) e permitirão gerir o antagonismo entre a crescente pressão sobre os recursos hídricos e a conservação do ambiente. Efeito sentido principalmente na vertente económica, dado disponibilizar-se um recurso com valor económico, e na vertente ambiental, dada à protecção dos meios receptores naturais contra a poluição causada pela descarga de águas residuais

A actividade agrícola consome actualmente 70 a 80% do volume global da água utilizada mundialmente, e para a satisfazer as necessidades de alimentos da população em crescimento, essa procura de água tende a aumentar (Lazarova & Bahri, 2005). A reutilização das ART surge assim como uma origem alternativa de água para a rega imprescindível em todas as condições ambientais, a pequena ou larga escala. O interesse pela rega com ART sob o ponto de vista agronómico ultrapassa o fornecimento de água às culturas, já que também se baseia na recuperação do potencial fertilizante deste tipo de água, que constitui um importante benefício marginal da rega.

A reutilização planeada das ART aproveita os seus benefícios e minimiza os seus riscos, que existem e já contribuíram para o fracasso de vários projectos de reutilização colocando em perigo vidas humanas. As pessoas, as plantas, o solo, a água e a atmosfera, arriscam-se a sofrer prejuízos de natureza variada caso não se tomarem as devidas precauções de ordem técnica, institucional e legal no sentido de se promover a segurança dos projectos de RART.

A recolha e o tratamento dos afluentes, a monitorização da qualidade das ART, a formação e a informação dos utilizadores destas e a regulamentação da reutilização das ART são pré-requisitos indispensáveis para a implementação de um projecto de reutilização destas águas.

Cabo Verde é um país que sofre grande escassez de água. A população do país passou por episódios de seca e fome que ceifaram as vidas de muita gente. A produção agrícola é fraca, e a segurança alimentar é muito dependente das importações.

A prática da RART na rega pode beneficiar essa segurança alimentar, mitigar os efeitos da desertificação e abrir novos horizontes ao conhecimento e à educação das populações, trazendo melhores perspectivas aos pobres do país que se dedicam à agricultura.

1.1. Objectivos

O objectivo geral deste trabalho é fornecer um contributo para a integração das ART na gestão dos recursos hídricos em Santiago, sobre moldes sustentáveis tanto do ponto de vista ambiental como económico. Essa integração pressupõe um profundo conhecimento das potencialidades actuais e das previsões da RART.

Objectivos específicos:

- Identificar e caracterizar os aspectos técnicos e económicos mais importantes na RART em Santiago;
- Quantificar as disponibilidades actuais e futuras das ART em Santiago;
- Estimar as necessidades de água para rega e a possibilidade de estas serem satisfeitas pelas ART.

Relativamente ao caso de estudo de Santa Cruz:

- Analisar a qualidade da ART da ETAR de Santa Cruz e a eficiência do processo de tratamento implementado na ETAR;
- Avaliar a atitude e a actividade dos agricultores e a aceitação pública da rega com ART e do consumo de produtos regados com ART.

1.2. Justificação da utilização das águas residuais tratadas na rega no município de Santa Cruz

É mundialmente aceite que a reutilização das ART como factor de produção resulta em benefícios socioeconómicos e ambientais. Em Santiago, e particularmente no município de Santa Cruz, os principais motivos que impulsionam a utilização das ART é a escassez da água, causada pela baixa precipitação, pela poluição das origens de água subterrânea, pela fraca capacidade económica do país para investir massivamente na produção de água de origens alternativas como a dessalinização da água do mar.

Com este contributo, os responsáveis para o sector dos recursos hídricos e agricultura em Santiago e Cabo Verde no geral, terão disponíveis informações de base para a decisão no desenvolvimento de um projecto de RART, informações estas indicativas de onde investir, em que tipo de reutilização investir e como tem decorrido os actuais investimentos na RART na ilha.

1.3. Estrutura do trabalho

A estrutura da dissertação assenta em seis capítulos principais:

- Capítulo 1 – Introdução, dedicado ao enquadramento e oportunidade do tema, referindo-se os objectivos principais e a estrutura do trabalho.
- Capítulo 2 – *Revisão bibliográfica*: Onde se apresenta o “state of the art” relativo à RART através de uma descrição sucinta dos principais aspectos associados à reutilização das águas residuais tratadas, em particular na agricultura;
- Capítulo 3 – Metodologia de trabalho onde se descreve as bases metodológicas seguidas nas diferentes fases do trabalho;
- Capítulo 4 – A reutilização das ART em Santiago, onde se descreve a situação actual e se avalia a oportunidade e o interesse da reutilização das águas residuais tratadas na ilha de Santiago, através duma descrição detalhada dos principais aspectos associados a essa prática tais como o número e a dispersão no espaço da sua população, níveis de atendimento das redes de abastecimento de água potável e de drenagem de águas residuais, existência de ETAR (processos de tratamento utilizados, estado de funcionamento e os volumes de ART disponibilizados para a rega).
- Capítulo 5 – O tratamento e a reutilização das ART em Santa Cruz, utilizado como caso de estudo e objecto de uma análise crítica da situação da reutilização das ART, tendo por base o trabalho de campo realizado neste município que caracteriza a situação actual e potencial da reutilização agrícola das ART, a qualidade dessas águas, a eficiência do processo de tratamento das AR existente, a adesão da população civil, e os potenciais impactos desta prática sobre a população, as culturas, o solo e as águas subterrâneas.
- Capítulo 6 - Capítulo final no qual se apresenta uma síntese das principais conclusões do trabalho, assim como propostas para a continuação de estudos no domínio da reutilização das águas residuais tratadas na agricultura.

2. Revisão bibliográfica

2.1. A reutilização das águas residuais

2.1.1. Aspectos gerais

As águas residuais urbanas são definidas como os resíduos líquidos ou as águas de evacuação de resíduos com origem nas residências, instituições, unidades industriais e/ou estabelecimentos comerciais, contendo águas escoadas superficialmente e/ou água subterrânea, que são normalmente colectados num sistema de drenagem de águas residuais, e eventualmente processadas numa ETAR.

As águas residuais domésticas têm duas componentes: as águas negras que constituem a descarga dos sanitários e as águas cinzentas que são constituídas pelas descargas dos chuveiros, das pias das cozinhas e das lavandarias. As águas residuais urbanas, objecto deste trabalho, são as águas residuais domésticas ou a mistura destas com águas residuais industriais e pluviais colectadas para a rede pública de drenagem (dependendo da rede de drenagem ser unitária ou separativa (Australian Capital Territory Government, 1999).

As águas residuais (AR) retornam ao meio natural (desejavelmente após tratamento adequado) através da sua descarga em águas superficiais doces ou costeiras ou através da sua infiltração no solo. Deste modo, a água captada para o abastecimento pode conter águas residuais, o que configura uma situação muito frequente de reutilização indirecta e não planeada da água.

No entanto a reutilização da água como estratégia de combate à escassez de recursos hídricos implica uma reutilização planeada, em que as águas residuais são tratadas e utilizadas em aplicações que representam benefício socioeconómico. A procura das grandes vantagens que a reutilização pode trazer à comunidade, e que serão referidas nos próximos pontos, exige contudo cuidados especiais para a protecção da saúde pública e a mitigação dos riscos ambientais, aspectos essenciais para qualquer projecto de RART.

A prática da RART está preferencialmente direccionada para usos que requerem grande procura deste recurso e que sejam compatíveis com a qualidade corrente dos efluentes de ETAR, por isso, o maior potencial de reutilização corresponde ao sector agrícola. A rega paisagística é a segunda opção mais importante na RART. Outras aplicações da ART são alguns usos industriais, a recarga de aquíferos, usos urbanos que não implicam a utilização de água potável, alguns usos recreativos e ambientais, reforço da origem de água bruta para a produção de água de consumo humano, e até a produção directa de água para consumo humano como acontece na Namíbia, com o projecto Windhoek (Lazarova & Bahri, 2005).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) agrupou os usos relativos às ART em 4 categorias, na agricultura, na aquacultura, na recarga artificial de aquíferos exclusivamente para fornecimento de água potável e no uso urbano (WHO, 2006).

O desenvolvimento da utilização desta origem de água alternativa está intimamente ligado aos seguintes factos:

- O aumento da procura de água para sustentar o crescimento da indústria e da população, em especial nas regiões áridas e semi-áridas dos países desenvolvidos, em desenvolvimento e em transição.

- A escassez de água e as secas, especialmente nas regiões áridas e nas regiões semi-áridas, onde a água recuperada é vital para assegurar as actividades económicas e agrícolas.
- A protecção e melhoria ambiental associadas à gestão de AR representam preocupações emergentes em uma série de países industrializados, nas regiões costeiras e nas áreas turísticas.
- Em áreas cujos padrões de descarga de AR são mais severos, como na Europa, Austrália e África do Sul, a reutilização de águas residuais torna-se uma vantagem alternativa competitiva aos avançados tratamentos requeridos para descargas em meios naturais;
- Factores socioeconómicos, tais como os novos regulamentos, preocupações com a saúde pública, políticas públicas e incentivos económicos estão-se a tornar cada vez mais importantes para a implementação de projectos de reutilização das ART. O aumento do custo da água potável é uma das medidas que ajudará a promoção da reutilização das ART.

Projeções recentes mostram que, dentro dos próximos anos em Israel, na Austrália e na Tunísia, as ART irão satisfazer respectivamente 25%, 11% e 10% da procura total de água (EPA, 2005). Nos EUA a reutilização das ART é largamente praticada e tem crescido cerca de 15% ao ano. Estima-se que são reutilizados diariamente $6,4 \times 10^6 \text{ m}^3$ de ART. Pelo menos 27 estados norte-americanos têm agora instalações de reutilização de águas residuais tratadas e a maioria dos estados têm regulamentos sobre a reutilização da água, entre os quais se destacam, por maiores investimentos nesta prática, os estados da Florida e da Califórnia (EPA, 2005).

A tendência de considerar a reutilização das águas residuais como uma componente essencial na gestão integrada dos recursos hídricos e no desenvolvimento sustentável é crescente, não apenas nos países com défice de água mas também nas regiões onde este recurso abunda. O elevado custo da bombagem no fornecimento de água nestas regiões com elevada precipitação tem feito da reutilização das ART uma origem de água alternativa importante em termos económicos.

O quadro seguinte apresenta a situação relativa à RART antes do fim do milénio nalguns países que têm apostado nessa prática e o percentual com que estas contribuem para a satisfação da procura de água.

Quadro 2.1: Volume das ART usado em alguns países e contribuição deste volume para a satisfação das necessidades de água

País	Volume total de água captada		Volume de ART utilizado		Contribuição das ART no volume total da procura da água (%)
	Ano	Milhões de m ³ /ano	Ano	Milhões de m ³ /ano	
Argélia	1990	4,5	-	-	-
Bahrein	1991	239	1991	15	6
Chipre	1993	211	1997	23	11
Egipto	1993	55,1	2000	700	1
Iraque	1990	42,8	-	-	-
Israel	1995	2	1995	200	10
Jordânia	1993	984	1997	58	6
Líbano	1994	1,293	1997	2	0,20
Líbia	1994	4,6	1999	40	1
Marrocos	1991	11,045	1994	38	0,30
Omã	1991	1,223	1995	26	2
Qatar	1994	285	1994	25	9
Arábia Saudita	1992	17,018	2000	217	1
Síria	1993	14,41	2000	370	3
Tajiquistão	1989	12,6	-	-	-
Tunísia	1990	3,075	1998	28	1
Turquia	1992	31,6	2000	50	0
Turquemenistão	1989	22,8	-	-	-
Emirados Árabes Unidos	1995	2,108	1999	185	9

Fonte: Adaptado de Hamdallah (2000) e World Bank (2001) *cit in* EPA, 2005

Historicamente, existem registos de reutilização das AR na Alemanha em 1531, mas esta prática veio a efectivar-se no séc. XIX, quando a água começou a ser usada como meio de evacuação de excrementos dos homens e dos animais produzindo então assim as AR. A reutilização das AR inicialmente foi feita aplicando, indiscriminadamente, as AR ao solo, não só como forma de recuperação da água e dos nutrientes, mas principalmente como forma de tratamento destas águas, pois, até 1970, o tratamento das AR tinha como base somente as preocupações de ordem estética e ambiental (Metcalf & Eddy, 1991).

A regulamentação relativa à salvaguarda da saúde pública em sistemas de reutilização das águas residuais na rega foi inicialmente estabelecida no estado da Califórnia em 1918 (Metcalf & Eddy, 1991), vindo a ser adaptada noutros estados dos EUA e noutros países que apostaram na integração das ART como componente dos recursos hídricos, tais são os casos de Israel, República da África do Sul, Índia, países do Norte da África e do Médio Oriente, países que apresentam clima árido a semi-árido em grande parte dos seus territórios, e de países com reconhecida abundância de recursos hídricos como no caso da Holanda, Alemanha, Reino Unido e Japão (Lazarova & Bahri, 2005).

2.1.2.Desafios e constrangimentos da reutilização das ART

A aceitação pública é um dos desafios mais importantes postos à implementação de projectos de reutilização das ART. O facto destes projectos serem inovadores e de suscitarem controvérsia na sociedade pela origem e qualidade das águas usadas leva a alguma relutância na sua aceitação pública.

Os reais problemas para a saúde devidos aos organismos patogénicos ou componentes de natureza química presentes nas águas residuais deficientemente tratadas constituem um desafio à reutilização afectando negativamente a sua aceitação pública e, consequentemente, o desenvolvimento de projectos de reutilização das ART. A necessidade de mudança, a nível comportamental por parte dos agricultores relativamente às suas práticas culturais assim como a possibilidade de ser menor o mercado dos produtos agrícolas regados com AR, dificulta a aceitação da RART pelos agricultores e pela sociedade em geral.

A existência de um certo receio face aos riscos de ordem sanitária e ambiental, associado a algum desconhecimento, por parte dos promotores de projectos de reutilização e até das autoridades envolvidas na aprovação e licenciamento desses projectos, dificulta o desenvolvimento destes sistemas de reutilização de água, e a omissão dos sistemas institucionais quanto à implementação de sistemas de reutilização das ART, dificultando a iniciativa dos promotores, constitui uma falta de incentivo ao desenvolvimento de sistemas de reutilização das ART (EPA, 2005).

Os efeitos negativos passíveis de serem causados pelos constituintes químicos das ART nas plantas e no solo, derivados de um inadequado diagnóstico da situação existente e/ou de um inadequado projecto de rega, faz da qualidade das ART uma das maiores limitações de carácter agronómico à reutilização das ART. Nas mesmas situações, a possibilidade de contaminação das águas superficiais e subterrâneas com ART constitui um importante constrangimento de carácter ambiental à reutilização.

Escolher e implementar bem a tecnologia de tratamento, ainda constitui um constrangimento, dado saber-se que, principalmente nos países menos desenvolvidos, não se estudou a adaptação das tecnologias existentes às suas condições específicas, nomeadamente as condições climáticas, económico-financeiras e de capacitação técnica dos operadores.

Os custos associados às infraestruturas dos sistemas de RART (incluindo tratamentos adicionais), para adução, distribuição, operação e manutenção dos sistemas, são grandes problemas no desenvolvimento destes sistemas, devendo ser rigorosamente calculados.

Estes sistemas serão tanto mais atractivos do ponto de vista económico quanto mais próximos da ETAR se localizarem os locais de uso da ART, e o peso do seu custo é tanto menor quanto maior for a pressão da procura da água e mais reduzida for a disponibilidade de outras origens de água alternativas. Outro constrangimento de carácter económico é a sazonalidade da procura, que exige, por si só, estruturas de armazenamento de grande capacidade que elevam o custo dos projectos.

Além dos custos elevados, estes sistemas têm receitas limitadas. Primeiramente pelo necessariamente reduzido preço de venda da água aos agricultores (para competir com a água

potável), e já se fala na responsabilização da reutilização das ART pela perda de receitas na venda de água potável. É necessária pois uma abordagem económica bem adaptada a este sector levando em consideração, entre vários aspectos, os benefícios ambientais intangíveis pelo mercado convencional.

Frequentemente há falta de regulamentação ou falta enquadramento adequado a esta estratégia de gestão sustentável dos recursos hídricos, que deve ser suprida pela adaptação do sistema institucional e normativo da gestão da água, a complementar com o conhecimento científico e tecnológico do tratamento de águas residuais e dos impactes sanitários e ambientais da utilização deste tipo de águas.

A indefinição dos direitos da água deixando dúvidas sobre quem exerce propriedade sobre a água e quem recolhe as receitas provenientes da reutilização das ART também não favorece o desenvolvimento da reutilização das ART.

2.1.3.A participação pública nos projectos de reutilização das ART

É geralmente aceite que sem a aceitação pública, será muito difícil para qualquer entidade financiar, construir e operar sistemas de tratamento e reutilização de águas residuais. A falta de origens de água convencionais que geralmente ocorre nas regiões áridas e semi-áridas constitui um encorajamento à adesão da população. Para que a participação desta seja eficaz, ela deve começar na fase inicial do planeamento, prolongar-se pela implementação e para além desta.

Os programas de participação pública proporcionam, fundamentalmente, a educação pública e a recolha de subsídios para o aperfeiçoamento do programa de reutilização (EPA, 2005).

Em projectos de reutilização das ART o “público” é constituído pela população em geral, os potenciais utilizadores, grupos ambientais, grupos de interesses especiais, associações de proprietários, reguladores e / ou agências reguladoras, instituições de ensino e líderes políticos, empresariais, académicos ou da comunidade.

A compreensão clara das opções de reutilização das ART e das possíveis alternativas disponíveis na comunidade permite o levantamento dos potenciais interessados e dos possíveis utilizadores de água (que geralmente conhecem o volume e qualidade de água que aplicam nas suas actividades).

2.2. A reutilização das ART na rega

A agricultura é o maior utilizador de água, representando cerca de 70% a 80% da procura global. Segundo Lazaro (2005), o volume de água consumido por este sector rega 17% dos terrenos agrícolas (que produzem 30% a 40% dos alimentos da população mundial). Para 2025 espera-se um aumento de 22% da população mundial e com este aumento, um aumento da pressão sobre os recursos para a produção de alimentos. São cerca de 274 milhões de hectares de áreas regadas a nível mundial, aumentando 0,1% ao ano.

Para cobrir o aumento da procura da água devido à expansão das áreas regadas e assegurar a rega de grande parte das áreas agrícolas hoje existentes, as ART surgem como uma origem alternativa imprescindível em diferentes condições ambientais, a pequena ou grande escala.

A maioria dos projectos de reutilização da água desenvolvidos no mundo tem como objectivo a rega. Em países áridos e semi-áridos como Israel, Jordânia e Tunísia, a RART fornece a maior parte da água para rega. Israel é o líder mundial nesta área, com mais de 70% das AR colectadas tratadas, reutilizadas para fins agrícolas (Kanarek & Michail, 1996).

A ART constitui um recurso vital para a melhoria da produção agrícola, garantindo benefícios adicionais a este sector, como o aumento do rendimento das culturas, a melhoria das condições sanitárias e a redução da dependência dos fertilizantes químicos (Lazarova & Bahri, 2005).

A reutilização das ART na rega é ainda vantajosa pelo contributo do sistema solo-planta-atmosfera para a depuração das águas residuais, através dos seus mecanismos de depuração. Os mecanismos associados ao tratamento da AR decorrentes da acção do sistema solo-planta-atmosfera podem ser de natureza física, química ou biológica (Pinto, 2010). Alguns exemplos são apresentados no Quadro 2.2.

Quadro 2.2: Mecanismos envolvidos no comportamento e destino dos compostos orgânicos no solo

Mecanismos de natureza física	Mecanismos de natureza química	Mecanismos de natureza biológica
Transporte por agentes meteorológicos	Fotólise	Bioconcentração
Arrastamento (runoff)	Hidrólise	
Condensação	Oxidação	
Decantação	Redução	Biodegradação (mineralização ou biotransformação)
Volatilização	[Estritamente de natureza química (abiótica) ou de natureza bioquímica (biótica)	
Filtração	se mediadas por	
Lixiviação	microrganismos].	
Adsorção		
Desorção		
Precipitação		

Fonte: (Pinto, 2010)

A rega com ART tem sido bem sucedida na sua aplicação a um leque variado de culturas, tendo-se alcançado aumentos na produtividade agrícola entre 10 a 30% acima da produtividade obtida na rega convencional (Lazarova & Bahri, 2005).

Contudo é sabido que existem alguns riscos para o ambiente e para a saúde humana associados à sua utilização na rega, e que a sua adequação a um determinado uso depende da sua qualidade e de requisitos específicos desse uso, nomeadamente condições climáticas, hidrogeologia, características do solo e práticas agronómicas, em particular o tipo de rega, a natureza e a utilização das culturas, entre outros.

2.2.1.O interesse da rega com águas residuais

O aumento da escassez e do stress hídrico, decorrente do aumento da população e o consequente aumento da poluição ambiental associado ao inapropriado destino final das águas residuais e o reconhecimento do valor das águas residuais, ditaram a reutilização das águas residuais trazendo consigo benefícios de vária ordem. Embora nem sempre seja possível a

avaliação imediata dos benefícios da RART, devido aos já reconhecidos constrangimentos e impactos negativos susceptíveis de decorrer dessa aplicação, esses benefícios devem garantir o sucesso de qualquer projecto de reutilização das ART.

A nível mundial, a RART vem de forma directa ou indirecta contribuir para se atingir os Objectivos de Desenvolvimento do Milénio, em particular a erradicação da pobreza extrema e da fome.

A redução da pressão sobre os recursos de água doce e a redução do fluxo de resíduos para os cursos de água constituem as principais formas da reutilização das ART participar do cumprimento do 7º objectivo de desenvolvimento do milénio, que é garantir a sustentabilidade ambiental (WHO, 2006).

Todos benefícios da reutilização das ART poderão ser agrupados em três grupos:

2.2.1.1. Benefícios ambientais

A reutilização das águas residuais, diminuindo a necessidade de exploração de outras origens de água. Com isso conserva-se o recurso água e possibilita-se a exploração de água de qualidade superior para fins mais nobres como o consumo doméstico.

Com a reutilização das ART consegue-se ainda evitar os impactos negativos sobre o ambiente da construção de estruturas de produção de água potável como por exemplo as barragens.

A reutilização das águas residuais na agricultura, além de prover água para a rega, fertiliza o solo promovendo a reciclagem dos nutrientes nelas contidos, de modo a evitar, ou pelo menos minimizar, o uso de fertilizantes químicos, com economia de energia e redução da pressão sobre o ambiente, necessárias na produção dos fertilizantes químicos.

A RART é alternativa a descarga das ART nos cursos de água superficiais, evitando assim que ocorram processos de eutrofização ou outra forma de contaminação das origens de água doce.

Esta potencialidade constitui uma medida mitigadora dos impactos ambientais da descarga

O sistema solo-planta-atmosfera permite um tratamento adicional à ART antes que seja diluída nas águas subterrâneas, evitando que esta fique contaminada.

Indirectamente, a reutilização das ART na rega paisagística de espécies florestais e/ou agro-florestais é susceptível de atenuar processos de desertificação, actuando no estabelecimento de microclima favoráveis à fixação da biodiversidade tanto vegetal como animal. As barreiras de vento regadas com ART atenuam o avançar do processo de desertificação.

O aumento do sequestro do carbono atmosférico devido à maior quantidade de biomassa vegetal constitui um benefício ambiental indirecto da reutilização das ART, com consequente redução dos gases com efeito estufa e minimização do fenómeno do aquecimento global.

Desta forma pode-se dizer que a RART contribui para fazer face às alterações climáticas e representa uma estratégia importante em situações onde as mudanças climáticas conduzirão a mudanças significativas nos padrões de precipitação.

2.2.1.2. Benefícios económicos

A implementação de sistemas de reutilização das águas residuais permite evitar custos de vária ordem, entre os quais:

- Custos com infraestruturas para obtenção de água potável, como exemplo a perfuração de furos, a montagem de dessalinizadoras (ambas necessárias em Cabo Verde, com custos avultados);
- Custos com tecnologias avançadas de tratamento de água como os afinamentos com o objectivo de remoção de nutrientes quando a ART é destinada à aplicação na agricultura (de acordo com as directivas seguidas por cada país;
- Custos relativos a aplicação de fertilizantes químicos poderão ser reduzidos ou até eliminados);

Para além de evitar custos, a RART permite obter receitas adicionais com a venda de produtos agrícolas e o aumento do valor da terra.

Nas regiões áridas garante a produção agrícola nos períodos de seca, o que é favorável tanto à indústria como aos consumidores no geral. A actividade turística nas regiões secas será grandemente beneficiada com o abastecimento de alimentos, e com a obtenção de melhores paisagens (EPA, 2005).

2.2.1.3. Benefícios sociais

O crescimento populacional de 40% esperado nos próximos 50 anos ocorrerá principalmente nos centros urbanos e peri-urbanos, onde também se espera que venham a viver 60% da população mundial, a ocorrer maioritariamente nos países em desenvolvimento (WHO, 2006). Isto conduzirá ao aumento da pressão sobre os bens alimentares e sobre as disponibilidades de água potável indispensáveis à obtenção de alimentos de origem agrícola.

Na mesma sequência, ocorrerá também o aumento na produção de resíduos, que provocarão poluição das origens de água. Sabe-se que nos países em desenvolvimento, só 35% da população é servida por rede de drenagem de AR e 10% por ETAR (EPA, 2005). Nesta situação, a população destas áreas está constantemente exposta a riscos à saúde humana. O empenho na reutilização das águas residuais geradas nestas sociedades, seria incentivador ao aumento do nível de atendimento da rede de recolha e tratamento das águas residuais, salvaguardando assim a saúde pública.

A importância da reutilização das ART como água de rega nas áreas de agrícolas urbanas e peri-urbanas, é nestas condições, extremamente importante para a sobrevivência das camadas mais pobres da população locais. Com isso, a segurança alimentar será reforçada, com diminuição da dependência das origens naturais de águas.

2.2.2. Inconvenientes da rega com ART

2.2.2.1. Efeitos sobre o solo

Segundo Heidarpour *et al.* (2007), num estudo sobre os efeitos da rega com ART nas propriedades químicas do solo por tipo de rega, a concentração dos constituintes químicos das ART, os seus padrões de circulação no solo e a sua absorção pelas plantas influenciam as concentrações dos constituintes químicos nas camadas do solo. A importância do aumento da condutividade eléctrica na camada superior do solo regado por rega subsuperficial chega a ser preocupante por inibir o crescimento das culturas (Heidarpour *et al.*, 2007).

Coronado (2011) detectou um aumento da condutividade eléctrica e do teor de sódio no solo, directamente relacionados com o uso das ART na rega (Coronado *et al.*, 2011).

Efeitos sobre a estrutura física do solo

A aplicação das ART ao solo pode conduzir à degradação da qualidade física e à acumulação de elementos e compostos tóxicos e fitotóxicos na sua matriz. Propriedades como a estabilidade dos agregados, a capacidade de retenção da água e condutividade hidráulica, a repelência à água e a relação precipitação – infiltração - escoamento superficial – erosão, são susceptíveis de serem negativamente afectados pela rega com ART. Estes efeitos sobre a estrutura do solo estão associados à presença de grande carga de matéria orgânica dissolvida e grande teor de sólidos suspensos (SS), alta salinidade e altos valores da razão de adsorção do sódio (RAS), características estas determinadas pela qualidade da água residual bruta e pelo nível de tratamento a que a água foi submetida.

Efeito do sódio

Altas concentrações de sódio têm efeito na deterioração das condições físicas do solo conduzindo à redução da permeabilidade, à formação de crostas e ao encharcamento, com consequência no vigor do crescimento das culturas. Os problemas de infiltração da água no solo ocorrem nos primeiros centímetros de solo e estão relacionados principalmente com a estabilidade estrutural da superfície do solo (Levy *et al.*, 2011).

Valores elevados da RAS nas ART podem causar expansão e dispersão das argilas afectando negativamente a estabilidade estrutural do solo, a sua porosidade, a permeabilidade hidráulica e a drenagem interna. Para Fotovat *et al.* (1996), devido à grande afinidade dos catiões bivalentes, cálcio e magnésio, aos compostos orgânicos ligantes no solo, o RAS da ART pode ser até 48% superior ao RAS comumente recomendável. O risco de ocorrerem problemas de infiltração ou permeabilidade a um dado valor de RAS, aumenta quando a salinidade diminui e diminui quando a salinidade aumenta, como mostra o quadro dos critérios de qualidade agronómica da água de rega no Anexo II, que também apresenta a maneira de combinação dos parâmetros que RAS e condutividade eléctrica da água de forma a avaliar a potencialidade de ocorrerem problemas de permeabilidade.

Efeito dos sólidos suspensos totais (SST) e das substâncias húmicas

Elevados teores de SST na água de rega podem provocar colmatção dos espaços intersticiais da camada superficial do solo, com efeito sobre a infiltração de água no solo, a condutividade hidráulica, o arejamento do solo, a difusão do oxigénio e os processos de degradação anaeróbicos, a vida micro fauna do solo entre outros. A colmatção favorece o escoamento superficial que por sua vez acentua o processo de erosão actuando no arrastamento das partículas.

Os efeitos da presença de substâncias húmicas na água de rega sobre o solo variam mediante o pH do solo, os tipos de catiões de troca e da própria concentração destas substâncias (Chen *et al.*, 2011).

A matéria orgânica presente na água de rega, é a principal causa do aumento da repelência à água pelo solo, este efeito pode ser maior na rega com ART por ter mais matéria orgânica. Para Wallis (1992), a quantidade da matéria orgânica presente na ART não é o factor mais

importante para provocar a repelência, mas sim as suas características (*cit in Levy et al., 2011*). Esta propriedade faz reduzir a taxa de infiltração induzindo o escoamento superficial da água pelo solo, conduzindo à sua erosão.

Actualmente não existem modelos que prevêem a resposta dos aspectos físicos do solo ao uso das ART, pelo que, para manter o solo em condições satisfatórias, apresentando uma produtividade sustentável, sendo regada com ART, é indispensável melhorar a qualidade do tratamento ao qual a ART é submetida, acompanhar a rega com a monitorização dos indicadores de qualidade das propriedades físicas do solo, cientes de que a recuperação deste recurso após sua degradação é muito difícil (*Levy et al., 2011*).

2.2.2.2. *Efeitos sobre os meios hídricos*

O ião nitrato presente nas ART é a forma de azoto que devido às suas propriedades químicas (não é adsorvido pelos colóides do solo), permanecendo na solução do solo, de onde é facilmente lixiviado para maiores profundidades podendo contaminar as águas subterrâneas. A sua presença nos aquíferos deteriora a qualidade da água limitando o seu uso como água para consumo humano. O escoamento superficial e a erosão do solo também podem provocar o arrastamento do azoto para os lagos, albufeiras e canais expondo-os ao risco de eutrofização. A salinidade das águas subterrâneas pode igualmente ser afectada negativamente pela rega com águas residuais. Foppen (2002) estudou, no Líbano, o impacto da infiltração das águas residuais na qualidade das águas subterrâneas, e concluiu que nas áreas urbanas as águas subterrâneas apresentavam maiores concentrações de aniões e catiões, onde o que mais se destacou foi o ião cloreto (Cl^-) devido à infiltração das águas residuais provenientes das fossas sépticas. Ocorreu um enriquecimento em cálcio e nitratos, e uma acidificação de 0,5 a 1 unidade de pH (Foppen, 2002).

2.2.2.3. *Efeitos sobre plantas*

Os efeitos negativos do uso de ART sobre as plantas decorrem principalmente na redução da produtividade associado à degradação da qualidade do solo provocada pela rega com ART, acima mencionado. O aparecimento de necroses nas folhas decorrentes do depósito na sua superfície destes iões presentes nas ART em concentrações fitotóxicas é um dos potenciais efeitos nefastos da rega com ART.

2.2.2.4. *Efeitos sobre a saúde humana*

A nível da epidemiologia, a investigação dos efeitos da rega com AR sobre a saúde humana, tem-se centrado principalmente na contaminação da água potável por águas residuais, no uso de águas residuais não ou deficientemente tratadas na rega de culturas alimentares, no efeito do contacto rotineiro dos agricultores e seus familiares com AR não convenientemente tratadas e no efeito dos aerossóis espalhados pelo vento na rega por aspersão com águas residuais sem desinfecção (WHO, 2006).

Os organismos patogénicos e alguns compostos químicos, são apontados como os principais factores de risco da reutilização das ART.

O risco à saúde humana descreve a probabilidade de, em situações específicas, os perigos associados às ART se mostrem capazes de afectar negativamente a saúde humana. Apesar da significativa redução da carga de organismos patogénicos e de outros contaminantes

através das diversas tecnologias de tratamento das águas residuais, é preciso estar em alerta de que nem todos os sistemas de tratamento são totalmente seguros a tempo inteiro.

Embora este trabalho só abarque a reutilização das ART, é necessário frisar que existem vários exemplos ao redor do mundo onde a água residual é utilizada sem antes ter sofrido qualquer tipo de tratamento. Nestes casos a prevenção contra a transmissão de organismos patogénicos ou outros contaminantes deverá ser muito mais intensiva.

Segundo a OMS, os organismos patogénicos relacionados com o excreta são os principais perigos na reutilização de águas residuais, sendo o contacto e o consumo de produtos regados com estas águas as principais vias de exposição. Entre estes organismos encontram-se as bactérias, os helmintas, os protozoários e os vírus.

As bactérias encontram-se em concentrações de 10^5 a 10^8 NMP (número mais provável)/100ml na água residual bruta (Monte & Albuquerque, 2010). Entre elas encontram-se a bactéria *E. coli*, o *Vibrio colerae* e a *Salmonella sp* que, comparados com os helmintas, morrem rapidamente em culturas, mas são capazes de sobreviver no ambiente por tempo suficientemente para causar risco à saúde humana, causando surtos de cólera, febre tifóide e disenteria.

Os helmintas constituem o maior risco para a agricultura, associado ao longo tempo de sobrevivência dos seus ovos no ambiente. São transmitidos a partir do solo através do contacto ou do consumo de produtos regados com AR. Vestuário adequado e uso de botas por parte dos utilizadores de ART são as principais medidas de prevenção para os agricultores.

Os protozoários (*Giardia*, *Cyclospora*, *Cryptosporidium*, *Entamoeba spp.*) podem levar ao desenvolvimento de doenças como a giardiose, desinteria amibiana ou ainda a Cristosporidíase. Têm sido encontrados nos vegetais regados com ART no ponto da colheita e nos mercados onde são comercializados (WHO, 2006).

Os vírus – (hepatite A e E, adenovírus, rotavírus, norovírus, e outros), estão presentes em grande número nas águas residuais brutas, 10^3 – 10^4 NMP/100ml (Monte, 2010). Doenças como a hepatite A, B, C, D e E, poliomielite, doenças respiratórias, e gastroenterite infantil são exemplos de doenças virais provocadas por culturas contaminadas com AR. A contaminação das culturas levou a surtos de doenças virais transmitidas com ajuda dos vectores de transmissão como *Plasmodium spp.*, ou o vírus da dengue.

A divisão de epidemiologia da Direcção Geral da Saúde de Cabo Verde (DGS) apresentou o número de casos de doenças veiculadas pela água, ocorridos entre 1994 e 1998 sem por associar a sua ocorrência à reutilização de águas residuais, que nessa época não era propositadamente feita. Isso mostra a ocorrência dos agentes patogénicos de risco à saúde humana no seio da comunidade caboverdiana e sua presença nas águas residuais urbanas. O Quadro 2.3 apresenta as doenças e o número de casos registados entre 1994 e 1998 em Cabo Verde.

Quadro 2.3: Ocorrência de doenças originadas pela água em Cabo Verde no período de 1994 a 1998

Doenças/ano	1994	1995	1996	1997	1998
Cólera	86	12995	428	2	204
Febre tifóide	90	40	143	240	285
Doenças diarreicas em < 5 anos	14880	18381	16155	15542	14914
Doenças diarreicas em ≥ 5 anos	5898	26969	7805	8644	7098
Paludismo autóctene	2	107	53	4	9
Hepatites por vírus	311	208	188	205	317

Fonte: (INGRH, 2000)

Os riscos associados à água de má qualidade não dependem unicamente da presença e das características dos organismos patogénicos na mesma, já que as condições climáticas, as características do solo, e o intervalo de tempo entre a rega e a exposição que condicionam a taxa de sobrevivência dos microrganismos. Segundo Smith & Badawy (2010), num estudo sobre o crescimento e a sobrevivência das bactérias *E. Coli* em colunas de solo, o crescimento da biomassa bacteriana ocorre de 1 a 3 dias após a aplicação da água contendo estes microrganismos, alcançando valores 40 a 70 vezes superiores ao número inicial destes. Ao fim de 7 dias são poucas as células viáveis sobreviventes a 5 cm de profundidade do solo. A textura do solo e o seu teor de matéria orgânica são também decisivos no tempo de sobrevivência e na proliferação, sendo os solos de textura mais densa, com maiores teores de argila) os que mais favorecem o crescimento e sobrevivência dos coliformes na superfície do solo. A existência de uma grande fracção de matéria orgânica no solo leva a uma maior rapidez no crescimento e maior produção da biomassa microbiana total (Smith & Badawy, 2010).

O Quadro 2.4 mostra a sobrevivência dos diversos organismos patogénicos no solo, na água e nas plantas, e segundo Monte (2010), estes microrganismos geralmente sobrevivem entre 10 a 20 dias no solo, 2 a 30 dias nas plantas e 10 a 50 dias na AR conforme a sua natureza. No caso dos helmintas, o tempo de sobrevivência em qualquer um dos meios é sempre superior.

Quadro 2.4: Tempo de sobrevivência de alguns organismos patogénicos em diferentes meios

Tempo de sobrevivência em dias			
Patogénico	Águas residuais	Plantas	Solo
Vírus	< 120, mas geralmente < 50	< 60, mas geralmente < 15	< 100, mas geralmente < 20
Bactérias	< 60, mas geralmente < 30	< 30, mas geralmente < 15	< 70, mas geralmente < 20
<i>Salmonella spp.a</i>	< 60, mas geralmente < 30	< 30, mas geralmente < 15	70, mas geralmente < 20
<i>Shigella spp.a</i>	< 30, mas geralmente < 10	< 10, mas geralmente < 5	
<i>Vibrio cholerae</i>	< 30, mas geralmente < 10	< 5, mas geralmente < 2	< 20, mas geralmente < 10
Protozoários	< 30, mas geralmente < 15	< 10, mas geralmente < 2	< 20, mas geralmente < 10
Helmintas	Vários meses	< 60, mas geralmente < 30	Vários meses

Fonte: (Monte & Albuquerque, 2010)

O risco para a saúde associado aos componentes químicos

Os principais problemas de saúde associados aos constituintes químicos presentes nas ART advêm da contaminação das culturas e das águas subterrâneas por oligoelementos entre os quais metais pesados, compostos carcinogénicos, composto organoclorados, PCBs, pesticidas, produtos de higiene pessoal e outros compostos considerados carcinogénicos ou causadores de disrupção endócrina como hormonas e fenóis como o octifenol e o nonilfenol. A ingestão destes elementos ou compostos tóxicos através do consumo das culturas regadas com ART é muito baixo. Na ingestão de 10 a 20 ml através dos alimentos, uma quantidade máxima de $6 \pm 2 \times 10^{-5}$ mg/kg/dia destes constituintes é consumida (Lazarova & Bahri, 2005). Por isso, a rega com ART de qualidade adequada não faz prever riscos químicos significantes ou inaceitáveis.

2.2.3. Medidas de controlo do risco sanitário

As metas de redução do risco provocado pelos organismos patogénicos nas ART são definidas com base no número de unidades logarítmicas a reduzir necessárias para se atingir um valor da designada Disability Adjusted Life Year (DALY) de 10^{-6} , parâmetro que traduz os efeitos globais da doença, expressa pelo número de anos perdidos devido a problemas de saúde, incapacidade ou morte precoce (WHO, 2006).

Esta redução do risco é feita através de múltiplas medidas de protecção da saúde aplicados aos grupos de risco (consumidores, agricultores e suas famílias e comunidades locais) como por exemplo:

- Tratamento adequado das AR;
- Estabelecimento de restrição de culturas;
- Adaptação do método e tipo de rega ao tipo de cultura;
- Identificação das tubagens e dos órgãos e sistemas de distribuição das ART possibilitando a diferenciação destes das águas para consumo humano (através da diferenciação por cores) e fixação de tabletas de alerta identificando a procedência da água;
- Estabelecimento de zonas tampão;
- Estabelecimento de intervalo de segurança para a colheita dos produtos que assegurem redução da população dos agentes patogénicos após a última aplicação de ART;
- Garantir práticas de higiene nos mercados e na preparação dos alimentos;
- Promover a saúde e higiene pessoais;
- Lavagem, desinfecção e cozedura dos alimentos;

O uso de equipamento de protecção individual como mosquiteiros e repelentes na protecção contra os mosquitos (vectores de transmissão da dengue) e o acesso à água potável e instalações sanitárias na exploração facilitando as actividades de higiene pessoal são outras medidas de controlo dos riscos.

Restringir o acesso da população aos campos regados com ART, principalmente nas regiões com carência água, como é o caso da ilha de Santiago, é uma medida necessária, pois a falta de origens de água potável seguras, pode levar a população a usar ART para o consumo doméstico, expondo a comunidade a riscos ainda maiores. Nesta medida, prover água para consumo humano à população é uma medida de controlo do risco da RART à saúde.

As estruturas de armazenamento de ART devem ser também protegidas e apresentar acesso restrito impedindo que crianças se aproximem para brincar na água. Não devem constituir focos de vectores de transmissão de doenças.

Para que seja eficaz a implementação destas medidas de controlo do risco da rega com ART, é fundamental que os grupos de risco estejam informados sobre a qualidade de água com que se rega e dos riscos que isto acarreta [(Monte & Albuquerque, 2010); (EPA, 2005); (WHO, 2006)].

Para minimizar o risco de ocorrência de doenças potencialmente transmitidas pelas águas residuais e os eventuais incómodos devido ao mau cheiro passível de se gerar nos locais de armazenamento ou de aplicação destas águas, deverá assegurar-se uma distância entre os limites da zona regada ou os locais de armazenamento de ART e as zonas habitadas, definidos pelo nível de tratamento da água e pelo método de rega utilizado (Quadro 2.5). Quando o método de rega for gota-a-gota, a mesma norma garante não ser necessário respeitar qualquer afastamento (NP4434, 2005).

Quadro 2.5: Distância mínima entre o limite da zona regada e zonas com ocupação humana

Método de rega	Tipo de zona	Concentração de coliformes fecais nas ART		
	habitada	$\leq 2 \times 10^2$ CF/100mL	$2 \times 10^2 < \text{CF}/100\text{mL} \leq 10^3$	$> 10^3$ CF/100mL
Rega por aspersão	Habitacões isoladas	30 m	60 m	70 m
	Zonas habitacionais	50 m	80 m	100 m
Outros métodos de rega	Habitacões isoladas	10 m	20 m	30 m
	Zonas habitacionais	30 m	60 m	70 m

Fonte: (NP4434, 2005)

Além do risco à saúde, deve-se também assegurar a existência de valores mínimos de profundidade dos aquíferos no local da rega, de forma a minimizar a possibilidade de contaminação das águas pela rega com ART, dependentes do método de rega. Assim, na rega por sulcos e rega subterrânea a profundidade do nível freático deve ser de 4m. No caso da rega por aspersão é de 3 m, 1 m para a rega gota-a-gota superficial e 1,5m para a rega gota-a-gota subterrânea (Comissão técnica Portuguesa de Normalização, 2005)

2.3. O tratamento das águas residuais

Em várias regiões ao redor do mundo, utiliza-se ou já se utilizou águas residuais brutas na rega de culturas agrícolas, expondo-se a todos os riscos à saúde humana e ambiental, como exemplo de casos, rega com águas residuais brutas no Senegal e no México (WHO, 2006).

Dependendo do tipo de cultura, do facto dela ser alimentar ou não, da topografia do terreno, das características do solo, da hidrogeologia da zona, da tecnologia de rega a utilizar e das infraestruturas de rega disponíveis, assim variam as exigências à qualidade de ART a utilizar, que depende do nível de tratamento ao qual foi submetida. Geralmente, para que seja susceptível à reutilização na rega sem trazer agravantes à saúde humana e ambiental, o nível mínimo de tratamento requerido é o nível secundário.

Na selecção de um sistema de tratamento para uma comunidade individual, os recursos económicos e financeiros e as condições sociais e políticas específicas do local são os critérios de base a ter em conta. Qualquer que seja a tecnologia escolhida, esta deve ser sustentável, e tal sustentabilidade é definida pelos seguintes critérios (Bdoura *et al.*, 2009):

- Não diluição de águas residuais muito concentradas com águas limpas
- Máxima recolha das AR e reutilização das ART e dos co-produtos obtidos dos compostos poluentes;

- Aplicação de tecnologias eficientes, robustas, práticas e de baixo custo tanto na implementação, construção, operação e manutenção, com um longo tempo de vida útil, e de simples operação e manutenção;
- Aplicabilidade à pequena e à grande escala e auto-suficiência em todos os aspectos;
- Aceitação pela população.

A descentralização dos sistemas de tratamento de águas residuais é uma das mais recentes abordagens para a gestão dos sistemas de tratamento de águas residuais, que consiste em pequenas unidades de tratamento que servem residências individuais, grupos de residências ou pequenas comunidades, onde seja possível recolher, tratar e reutilizar separadamente as águas cinzentas e as águas negras provendo maior segurança ao tratamento. Estes sistemas são mais flexíveis e podem se adaptar melhor às condições das áreas urbanas assim como ao crescimento das comunidades e da sua população, e permitem que a reutilização das ART, dos nutrientes e dos co-produtos do tratamento, directamente no local onde estes são gerados. Para uma melhor adequação à reutilização, a recolha e tratamento dos efluentes domésticos terá de ser feita separadamente dos efluentes industriais, minimizando a ameaça à saúde pública e à acumulação na cadeia alimentar das substâncias químicas tóxicas e dos agentes patogénicos.

2.3.1.Tratamentos convencionais

A concepção das ETAR tem-se baseado tradicionalmente na necessidade de reduzir os sólidos suspensos, os organismos patogénicos, a carga orgânica e de nutrientes limitando assim a poluição ambiental. Para a reutilização das AR na rega a remoção dos organismos patogénicos é a principal preocupação e o processo de tratamento deve ser seleccionado e desenhado para atingir este objectivo.

Em alguns países é aceitável a reutilização de AR de qualidade equivalente ao nível de tratamento secundário para rega com algumas restrições, enquanto para rega sem restrições requer-se um tratamento terciário adicional. O nível de tratamento necessário depende da qualidade da ART requerida e da regulamentação, do grau de exposição do agricultor e do público, do sistema de rega e da forma de distribuição dessa água, das características do solo e das culturas regadas (Crook & Lazarova, 2005).

Dado que o principal objectivo do tratamento das AR para reutilização na rega é a remoção dos organismos patogénicos e particularmente, nos países em desenvolvimento a preocupação central é a remoção dos ovos de helmintas que representam um importante risco à saúde, particularmente para as crianças, pode haver, nestes casos, menos restrição na remoção do CBO (carência bioquímica de oxigénio). Então o **tratamento físico-químico primário** parece ser a solução de custo competitivo, adaptada à qualidade da ART que se requer para a rega restritiva, com a vantagem de conservar o valor fertilizante das AR (Crook & Lazarova, 2005).

Outra alternativa tecnológica de tratamento de AR para países em desenvolvimento é a utilização de **lagoas de estabilização**. É uma tecnologia de baixo custo, fácil de operar e geralmente exige pouca manutenção. Quando adequadamente projectada e operada,

consegue prover ART de qualidade que satisfaça os padrões da OMS tanto para a rega restritiva como para a reutilização na rega sem quaisquer restrições. Este processo deverá ser seguido de uma etapa de desinfecção.

O tratamento por **lamas activadas** é tido como um processo flexível, capaz de produzir um efluente de alta qualidade. A matéria orgânica solúvel é reduzida a níveis baixos, e a obtenção de água depurada com baixo teor de sólidos suspensos é obtida através da floculação natural da biomassa microbiana. O tratamento através das lamas activadas conjugado com uma lagoa de tratamento terciário tem se mostrado o método mais consistente e eficiente para a desinfecção com eliminação dos coliformes fecais, vírus e ovos de helmintas (WHO, 2006).

Segundo a Bdour *et al.* (2009), a tecnologia da **digestão anaeróbia** do afluente pode-se alcançar níveis de remoção de 75 a 90% do CBO₅, sem serem significativas as remoções dos nutrientes, fósforo e azoto. A redução dos patogénicos também não é o suficiente para se atingir os padrões da OMS de qualidade da água para rega sendo necessário um pós-tratamento.

Os **tratamentos terciários** são implementados para a remoção adicional dos sólidos suspensos e coloidais presentes na água residual. O tratamento terciário pode compreender uma coagulação química, filtração em meio granular, e desinfecção. Alternativamente, tecnologias mais avançadas podem ser usadas tais como: carvão activado, permuta iónica e processos de membranas. Tratamentos avançados referem-se a remoção mais completa de constituintes específicos, tais como o amoníaco os nitratos por troca iónica ou os sólidos dissolvidos por osmose inversa.

A etapa da **desinfecção** é geralmente terminal num sistema de tratamento de águas residuais, necessária em quase todas as aplicações de reutilização de águas residuais. A cloração, a ozonização e a desinfecção por radiação ultravioleta são os processos mais comuns na desinfecção das ART e podem remover até 99% das bactérias presentes na ART (Solomon *et al.*, 1998). O tempo de contacto, a concentração e o tipo do desinfectante, a natureza e a intensidade dos agentes físicos, a temperatura do processo, o tipo e o número dos microrganismos, entre outros, são os factores a ter em atenção na operação de desinfecção. Não só o uso de um agente desinfectante é capaz de remover as bactérias das ART, mas outras operações de tratamento que visam remover os sólidos suspensos, removem com estes os microrganismos, como aponta o Quadro 2.6.

Quadro 2.6: Remoção das bactérias por diferentes processos de tratamento

Processo	Percentagem de remoção das bactérias (%)
Gradagem grossa	0-5
Gradagem fina	10-20
Desarenação	10-25
Sedimentação simples	25-75
Sedimentação química	40-80
Filtros biológicos	90-95
Lamas activadas	90-98

Fonte: (Metcalf & Eddy, 1991)

2.4. Enquadramento legal e normativo da rega com AR

Em muitos países a legislação relativa à RART na rega não se encontra bem desenvolvida ou efectivamente implementada. Em alguns casos porque a reutilização não é praticada, ou não é assumida ou essa prática não tem relevância. Como referido por Monte (1994), a prática antecede a criação da legislação.

Em Cabo Verde esta prática é assumida ao nível de vários planos e projectos de desenvolvimento nacionais e sectoriais, mas ainda não existe legislação neste domínio por ser reduzida a frequência da prática da reutilização das ART na agricultura e por não ter havido até agora estudos que revelassem a existência de problemas relacionados com esta prática, e que mostrem a necessidade da definição do que é permitido e do que é proibido na reutilização das ART e de como implementar o que é permitido.

Segundo a EPA (2005), existem dois tipos básicos de questões jurídicas relevantes para a reutilização da água. Os direitos da água e da sua distribuição e a protecção da saúde pública e da qualidade ambiental.

A propriedade do efluente é o aspecto prioritário na abordagem em termos legais da reutilização das AR na rega. Em Cabo Verde, assim como em muitos outros países, as AR não se encontram incluídas nos recursos hídricos nacionais. A única referência que se encontra no ordenamento jurídico nacional relativa às águas residuais é o Decreto de Lei nº 7/2004 que estabelece as normas de descargas das águas residuais.

O planeamento dos projectos de reutilização das ART deverá incluir o desenvolvimento e implementação de regulamentações que irão prevenir ou atenuem problemas de saúde pública e de natureza ambiental resultantes da exposição a agentes patogénicos e/ou produtos químicos associados às águas residuais usadas na rega agrícola.

Segundo a EPA, estes regulamentos incluem:

- Um sistema de licenças de autorização de descargas de águas residuais;
- Normas de qualidade da água que sejam adequadas para os respectivos usos;
- Normas de qualidade da água para a descarga nos meios hídricos quando a reutilização da água é sazonal, intermitente, ou é feita a uma taxa inferior à taxa de produção dos efluentes das ETAR;
- Medidas de controlo do risco que irão reduzir a exposição humana
- Medidas de controlo do risco sobre o acesso ao sistema de recolha de águas residuais
- Mecanismos para fazer cumprir todos os regulamentos referidos, incluindo requisitos de monitorização, a competência para realizar inspecções e autoridade para avaliar sanções por violações; entre outros aspectos jurídicos.

2.5. Aspectos técnicos da rega com ART

2.5.1. Qualidade da água

A qualidade da água é a principal preocupação no âmbito da RART independente do tipo de reutilização em causa. A qualidade da ART depende do projecto da RART em causa,

obrigando assim a diferentes exigências ao nível do processo de tratamento e ao recurso de critérios de operação e fiabilidade compatíveis com as directivas e regulamentações em vigor Segundo Lazarova & Asano (2005), para promover a saúde humana, tem-se considerado duas iniciativas: 1) a criação de um quadro legislativo com rigorosos padrões de qualidade e de uma regulamentação adaptada aos diversos tipos de cultura; 2) Uma combinação entre o tratamento das AR, os sistemas de rega, o grupo de exposição e as culturas a serem regadas. O tipo de aplicação, o contexto regional e a percepção de risco global ditam quais os padrões que se desejam para a qualidade da água de forma a garantir a segurança e a saúde públicas. Geralmente os esquemas de tratamento das águas residuais urbanas têm o objectivo de assegurar níveis de qualidade da água tendo como base os teores dos sólidos em suspensão, o teor de matéria orgânica, os indicadores biológicos como coliformes totais, fecais e *E.coli*, os níveis de nutrientes (azoto e fósforo) e, em alguns casos, o teor de cloro residual.

A salinidade, a RAS, a concentração de boro, o teor de metais pesados, e teor de compostos fitotóxicos são parâmetros adicionais de qualidade a monitorizar quando se trata da água para rega.

Lazarova (2005) salienta a importância do teor em organismos patogénicos, a salinidade, a sodicidade, a toxicidade de alguns iões, os oligoelementos e os nutrientes, como os parâmetros determinantes da adequação da qualidade da água à rega.

O principal factor da escolha de uma estratégia de regulamentação é a economia, mais especificamente o custo do tratamento e monitorização. A maioria dos países desenvolvidos desenvolveu directivas de baixo risco ou padrões de qualidade de ART apoiados por alta tecnologia/alto custo tais como os padrões da Califórnia. No entanto, altos padrões e técnicas de alto custo nem sempre é garantia de baixo risco, porque a experiência operacional insuficiente e custos elevados de operação manutenção e podem ter efeitos adversos.

Seguindo as recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS), alguns países em desenvolvimento defendem abordagens de baixa tecnologia/baixo custo para controlar os riscos à saúde.

Em Cabo Verde, país pertencente ao grupo de países em desenvolvimento até ao ano de 2007 (hoje está na lista de países de rendimento médio), não existe legislação nem qualquer outro documento de carácter normativo que regule a RART para qualquer dos sectores utilizadores. Da mesma forma, também não se encontra definida a qualidade de água de rega para o sector agrícola ao que os técnicos da área recorrem às normas da OMS para suas tomadas de decisão. O facto de ser recente a introdução de estruturas de recolha e tratamento de águas residuais municipais poderá ser um dos factores na base deste cenário, que infelizmente não acontece unicamente neste país.

Nos países que seguem as recomendações da OMS como seu padrão de qualidade das ART para a agricultura, devem usar tanto de coliformes fecais (CF) e ovos de helmintas como indicadores dos patogénicos, respectivamente, em 1000 FC/100 ml e 1 ovo de helmintas/ L para a rega irrestrita. Na ausência de recomendações para as partículas em suspensão, a norma da OMS recomenda SST em concentrações variando entre 10 e 30 mg/l.

Como tecnologia de tratamento recomenda a utilização de lagoas de estabilização ou tecnologias equivalentes (WHO, 2006).

As normas da OMS vêm sendo submetidos a actualizações correntes e tornando-se cada vez mais restritivas, mas mantendo-se acessíveis de seguir por países em desenvolvimento. As restrições não abrangem unicamente a redução dos valores paramétricos, mas também outras opções de protecção da saúde a nível do tratamento, restrição das culturas a regar, controlo na aplicação e da exposição humana. A premissa é que a melhor protecção da saúde pode ser alcançada no uso de limites estritos da qualidade da água, mas também pela definição de outras práticas adequadas que poderiam fornecer barreiras adicionais para os patógenos, dependendo do tipo de reutilização. Esta visão traduz a abordagem multi-barreira ao longo do ciclo da água (EPA, 2005).

O estabelecimento de zonas tampão, a rega subsuperficial, o cultivo de culturas ou frutos que são normalmente tratados a alta temperatura e/ou comidas unicamente após cozedura (ex: o trigo), ou culturas cuja casca do fruto não é comestível (ex: os citrinos, as bananas e as nozes), são algumas das barreiras utilizadas nesta abordagem.

Algumas culturas não requerem quaisquer barreiras de minimização do risco pois suas práticas de cultivo convencionais, as suas formas de consumo mais comuns e suas características específicas contribuem para que o risco de contaminação com microrganismos patogénicos seja mínimo. São as culturas ditas de uso sem restrição das ART, grupo a qual pertencem as culturas industriais como o algodão e as forragens, culturas secas ao sol por pelo menos 60 dias após a última rega como o trigo e o grão-de-bico, culturas lenhosas ou plantas, e culturas para produção de sementes.

O padrão de qualidade de água para a rega é sempre definido com base no tipo de cultura a regar com ART.

Esses dois aspectos actuam conjuntamente como medidas agronómicas de minimização do risco sanitário da reutilização associado à presença de organismos patogénicos e compostos químicos.

As culturas de consumo em cru, como os vegetais para salada são as de maior risco de contaminação por agentes patogénicos. Por isso pertencem a uma classe de cultura cuja restrição da qualidade de água de rega é máxima. Para alguns países como Portugal, o limite para essas culturas são 100 CF/100 ml e 1 ovo de helminta/L de ART. Esta restrição suaviza-se quando se trata de árvores ou de culturas industriais, passando a ser aceitáveis na rega águas com 10000 CF/100 ml. No Anexo I apresenta-se o quadro de recomendações da OMS para a qualidade microbiológica das ART usadas na rega. Também se apresenta no Anexo III a classificação das culturas regadas com ART segundo o seu destino, as unidades formadoras de colónia dos coliformes fecais e número de ovos de helmintas permitidos na água de rega sem prejuízos para a saúde extraído da Norma Portuguesa NP4434.

A disciplina civil, os meios para uma inspecção efectiva e a execução das leis de controlo da poluição são condições que preconizam o cumprimento das recomendações quanto ao tipo de cultura a implementar, face à grande procura por vegetais frescos para saladas. Face à procura

destes alimentos no mercado, os agricultores sentem-se privados de maximizar os seus benefícios do seu esforço e do valor da terra principalmente em regiões onde há carência de água.

CrITÉRIOS DE QUALIDADE DE NATUREZA AGRONÓMICA

A escassez da água das origens naturais e o consequente recurso às origens alternativas de água para a rega ditaram o estabelecimento dos critérios de qualidade da água para rega numa perspectiva agronómica, pela FAO, publicados no ano de 1976.

As recomendações elaboradas abrangem os valores dos parâmetros de qualidade da água de rega que podem constituir factor limitante da produção, tanto pelo seu impacto directo na planta como no solo onde esta se desenvolve. Segundo a FAO (1992), a qualidade de água para a rega mediante o grau de restrição do uso, é a exposta no Anexo II.

Os Nutrientes

Os nutrientes veiculados pela água de rega durante o ciclo vegetativo de uma cultura deve ser em quantidades semelhantes às estimadas para satisfazer as necessidades da cultura em causa tendo em conta a quantidade de nutrientes aplicada sob a forma de fertilizantes minerais ou orgânicos, nunca excedendo-as (NP4434, 2005).

Para a maioria das culturas, os principais nutrientes de que precisam são o azoto, fósforo, potássio, boro, sulfato e zinco. Geralmente, águas residuais apresentam estes nutrientes em quantidade suficientes para satisfazer as necessidades de uma vasta gama de culturas.

O azoto é o nutriente mais essencial e geralmente apresenta-se nas águas residuais urbanas em formas orgânicas e minerais. A forma mais comum deste nutriente nas AR é o NH_4^+ com uma concentração que varia de 5 a 40 mg/L N- NH_4^+ , e os NO_3^- com uma concentração a variar entre 0 e 30 mg/L N- NO_3^- .

Quantidades de azoto total superior a 30 mg/L de N total pode super-estimular o crescimento da planta retardando a maturação ou então reduzindo a qualidade da cultura (Vasconcelos, 2005). O efeito a longo prazo do excesso de azoto é a fraqueza dos ramos e do caule para segurar a vegetação, em condições climáticas de vento e de chuva. O potássio existente nas ART tem pouco efeito sobre as culturas. Também é pequeno o efeito do fósforo das ART nas culturas pois aparece em baixas quantidade (Lazarova & Bahri, 2005).

A Salinidade

A ART, pela sua origem, apresenta uma salinidade maior do que a da água doce. Os usos pelos quais a água de abastecimento passa, faz aumentar a sua salinidade para valores de 150 a 500 mg/L de sólidos dissolvidos totais (SDT), característico das AR (Levy *et al.*, 2011). A importância da salinidade da água de rega advém da grande discrepância dos limites de tolerância à salinidade entre as culturas, e dos potenciais efeitos adversos sobre a produção e sobre a qualidade do solo que o seu valor implica.

As concentrações dos sais na água superiores à capacidade de absorção pelas plantas pode afectar o crescimento da planta, ao afectar o potencial osmótico, ao causar fito-toxicidade pela concentração de iões específicos como os cloretos e o sódio, e/ou ao aumentar a salinidade e a sodicidade do solo com agravamento dos efeitos causados por estes fenómenos (Lazarova & Bahri, 2005). Embora com estes riscos, a utilização de águas salinizadas na rega pode ser bem

sucedida desde que se defina um apropriado esquema de rega, uma adequada fracção de lixiviação e se escolha plantas tolerantes.

O Quadro 2.7 apresenta a classificação da água de rega quanto à salinidade segundo a sua condutividade eléctrica (CE).

Quadro 2.7: classificação da água de rega quanto à salinidade segundo a sua EC.

CE água de rega (dS/m)	Classificação da salinidade da água	Adequação da planta
<0,65	Muito Baixa	Plantas sensíveis
0,65 – 1,3	Baixa	Plantas moderadamente sensíveis
1,3 – 2,9	Média	Plantas moderadamente tolerantes
2,9 – 5,2	Alta	Plantas tolerantes
5,2 – 8,1	Muito Alta	Plantas muito tolerantes
>8,1	Extrema	Geralmente muito salinas

Fonte: (Levy *et al.*, 2011)

Os cloretos

O ião cloreto é um micronutriente essencial às plantas, porém em níveis inadequados pode originar problemas de toxicidade dependendo da tolerância da cultura e da forma de aplicação. A partir dos 350 mg/L, mesmo para a rega superficial, o grau de risco é considera elevado (Vasconcelos, 2005) e (FAO, 1992).

2.5.2.Métodos de rega

Independentemente da fonte da água de rega, o objectivo da rega continua sendo a melhoria das condições de fertilidade do solo, actuando na diversificação da produção e no aumento e melhoria da sua qualidade.

Além de humedecer o solo compensando a evapotranspiração (ETP), a rega com ART é principalmente classificada por rega de fertilização contribuindo para a incorporação dos nutrientes dissolvidos na água de rega assegurando a fertilização do solo em simultâneo com o seu humedecimento.

Ao se tratar da rega com ART, o método de rega tem uma função muito importante no controlo e na minimização dos efeitos negativos que advêm da utilização desta água, como da acumulação de sais na zona radicular ou a contaminação do que estiver exposto à área a regar. A necessária desinfecção das ART para a reutilização como medida de controlo de risco poderá ser adequadamente substituída pela escolha de um método de rega que minimize o contacto das plantas com água de rega.

Segundo Monte & Albuquerque (2010), todos os métodos de rega podem ser aplicados para distribuição das AR aos terrenos agrícolas, havendo porém que compatibilizar a eficiência de rega e o custo do equipamento de rega com a protecção sanitária dos grupos de risco.

A rega por sulcos é um processo de rega por gravidade, de baixa eficiência de rega. A NP4434 aconselha o uso deste método de rega na rega com ART para declives não superiores a 3% se forem sulcos rectos de forma a prevenir a erosão e a formação de escorrências superficiais. Embora sendo possível não entrar em contacto com a parte comestível da planta caso for bem seleccionada a cultura a regar, há um risco de contaminação aos agricultores através do solo caso este não estiverem adequadamente equipados.

A tendência de se aproveitar dos frutos caídos no solo, tanto pelos agricultores como por passantes constitui um outro risco sanitário transmitido por via do consumo destes frutos, que este método de rega não é capaz de minimizar.

A rega por aspersão simula a chuva. Adapta-se a quase todos os tipos de culturas, solos e topografias, com excepção dos terrenos muito inclinados. A eficiência do uso de água pelas plantas é média.

Este método não favorece a minimização do risco de contaminação, pois maximiza o contacto da água com todas as partes da cultura e do solo. A formação de aerossóis capazes de se deslocarem com o vento podendo alcançar comunidades circundantes e passantes, faz aumentar o grupo de risco. Com isto, é o método que provoca maior disseminação dos microrganismos patogénicos.

Como medida de controlo do risco sanitário, o tratamento das AR para a rega por este método requer um elevado grau de depuração a nível de organismos patogénicos conseguidos pela desinfecção ou tratamentos similares, não devendo regar em dias de ventos fortes. A rega nocturna é mais favorável à saúde pois limita o grupo de risco além de minimizar a ETP. Quanto mais distante das áreas habitacionais for a exploração a regar, melhor para os habitantes. É aplicável a declives máximos do terreno de 15% segundo a NP4434.

A rega gota-a-gota é o método de rega localizada mais conhecido. A água é aplicada junto à planta, por gotejamento, permitindo uma grande eficiência de rega.

Um método menos comum, e dos mais importantes na rega com ART, é o método de rega subterrânea, no qual a água é distribuída subsuperficialmente, eliminando o contacto entre a água de rega e a parte aérea da planta (Monte & Albuquerque, 2010).

Estes dois últimos métodos de rega são os que minimizam o risco contaminação por agentes patogénicos tanto para os agricultores, seus familiares e passantes, apesar de serem susceptíveis ao entupimento e à colmatção dos gotejadores devido à presença de sólidos suspensos nas ART. São os métodos mais caros a implementar, e entre os dois a rega subsuperficial é a mais cara fazendo da rega gota-a-gota a solução de método de rega mais prática e segura. Segundo Monte (2010) a restrição imposta pelo elevado custo destes sistemas de rega (rega gota-a-gota e subsuperficial) ao se tratar de grandes áreas e grandes densidades culturais, dá lugar à escolha de métodos com menores eficiências de rega associados a maiores riscos sanitários.

Em Cabo Verde os métodos de rega mais comuns são a rega por alagamento, dita tradicional, e a rega gota-a-gota. Dos 3.026,5 ha de regadio no país, 85,8 % usa a rega por alagamento, 7,9% a rega gota-a-gota. Nos restantes casos são conjugados os dois métodos de rega na mesma parcela agrícola.

2.6. Reutilização de ART na rega paisagística (rega de espaços desportivos)

A rega paisagística é a segunda maior aplicação das ART. Como o nome indica, está relacionado com a rega de espaços verdes ornamentais entre eles os campos de golfe, correspondente ao uso mais vulgar, e outros campos desportivos, os separadores das auto-estradas, os parques e jardins públicos, etc.

Segundo Lazarova (2005), os benefícios obtidos na reabilitação da paisagem através da rega com ART são grandes e talvez maiores que os benefícios obtidos pelo seu uso na rega agrícola, principalmente das culturas alimentares, pois, segundo a mesma autora os potenciais problemas de saúde levantados pela RART poderão ser menos comuns quando a água é aplicada aos relvados do que a culturas alimentares, dependendo da qualidade da ART, e o risco de ocorrerem problemas no solo associado ao uso de ART poderão ter menores impactos económicos e sociais se desenvolverem onde a relva é cultivada, do que onde as culturas alimentares são cultivadas. Além disso, o custo do transporte das ART na rega paisagística é menor dado à proximidade dos relvados às ETAR.

Motivos de índole económica relacionado com uma elevada procura de água para uso paisagístico a custos elevados e com a protecção ambiental a ser praticada com implementação de tecnologias de elevado nível de depuração das AR são os maiores impulsionadores da reutilização das ART na rega paisagística. Na região de Algarve em Portugal consegue-se contabilizar áreas significativas de campos de golfe regados com ART (Monte & Albuquerque, 2010).

Além da qualidade microbiológica, os critérios de qualidade da água num sistema de reutilização de águas residuais para rega paisagística é análogo a um sistema de reutilização para rega agrícola satisfazendo as necessidades hídricas da planta e contribuindo para o seu bom desenvolvimento, com a diferença de as plantas serem, neste caso, de interesse ornamental (Monte & Albuquerque, 2010). A OMS recomenda valores mais restritivos de coliformes fecais para a rega dos gramados públicos do que para a rega de culturas de consumo cru (200 UFC/100ml) (EPA, 2005).

2.7. Reutilização das ART noutros usos urbanos

A rega de áreas verdes municipais, a alimentação das cachoeiras, fontes e lagos urbanos, a limpeza das estradas, a lavagem dos carros e o combate a incêndios são os usos mais comuns das ART no meio urbano, que está a desenvolver rapidamente, especialmente nas grandes cidades costeiras e áreas turísticas. Estes não requerem alto nível de potabilidade da água. A reutilização das ART dentro dos edifícios comerciais e/ou residenciais, principalmente na descarga dos sanitários tem sido uma opção de uso cada vez mais importante, muito frequente na Austrália, Canadá, Japão e Reino Unido.

Segundo Levy (2008) 38% da água destinada ao uso doméstico é utilizada na descarga de autoclismo (28%) e nos usos exteriores como lavagem de carros e/ou rega de jardins (10%), casos que não são para consumo humano em termos de exigências de potabilidade. Neste caso estes usos poderiam ser abastecidos com ART, dispondo de duas redes de abastecimento de água na cidade.

A proximidade dos pontos de oferta aos seus pontos de procura das ART que ocorre nas áreas urbanas, minimiza a necessidade de mecanismos de transportes das ART. Além disso, a maioria dos usos urbanos são não consumíveis, como a lavagem de carros, a descarga de sanitários, continuando possível a reutilização da mesma para outros fins. Ainda em comparação com a agricultura, a RART para fins urbanos é mais vantajosa por, geralmente, ter um valor superior à sua reutilização agrícola, pois podem ser calculadas e cobradas taxas mais adequadas (EPA, 2005).

2.8. Casos de reutilização das ART em Cabo Verde

A reutilização das águas residuais nos seus mais diversos usos é ainda uma prática incipiente em Cabo Verde.

De facto, a implementação de um sistema de RART requer a existência de um caudal diário de efluente doméstico suficientemente significativo, que permita a sua concentração num local e sua disponibilização na área envolvente, sem grandes investimentos em infraestruturas de distribuição nomeadamente as estações elevatórias. O baixo consumo *per capita* de água, em grande parte decorrente do fraco nível de atendimento da população pela rede de abastecimento de água, condiciona por si só o desenvolvimento de projectos de reutilização das ART no país.

A RART em Cabo Verde é encarada com muito interesse pelas diferentes entidades governamentais envolvidas na gestão dos recursos hídricos

Assim, os Estudos Sectoriais da Vulnerabilidade e Adaptação às Mudanças Climáticas em Cabo Verde apontam a RART na agricultura como uma das medidas de adaptação do sector agrícola às mudanças climáticas.

No âmbito da parceria especial Cabo Verde/União Europeia (2008) um dos pontos de cooperação é o reforço da capacidade nacional de gestão da vulnerabilidade ambiental, através de várias acções, entre elas o apoio ao Governo na implementação do PANA 2004-2014 através do reforço da capacidade nacional de gestão dos recursos naturais nos domínios de água. Uma das acções que se pretende realizar para atingir tal objectivo é a modernização das infraestruturas no domínio do saneamento, água potável e rega. Estabelecer uma convergência de políticas em matéria técnica e normativa nalguns sectores é um dos pilares dos eixos de intervenção da parceria especial Cabo verde UE.

Por sua vez, o Plano de Acção Nacional para o Ambiente II (PANA II), no horizonte 2004-2014, tem como objectivo geral fornecer uma orientação estratégica para guiar o uso racional dos recursos naturais e a gestão sustentável das actividades económicas. O documento identifica como problemas ambientais prioritários, a deficiente disponibilidade de água de qualidade apropriada para o consumo doméstico, o deficiente saneamento básico com efeitos nefastos para a saúde pública, problema que podem ser minimizados com a reutilização das águas residuais na rega

A ilha de São Vicente é o caso de RART mais importante no país. Nesta ilha 68% das AR são drenadas para a ETAR de Ribeira da Vinha, onde anualmente são tratados por lagunagem cerca de 621000 m³ (PAGIRE, 2010), posteriormente disponibilizados para a rega de cerca de 70 ha de terreno agrícola em Tchon de Holanda (Programa do governo 2006-2010, 2007). A

câmara municipal de São Vicente é a responsável pela recolha e tratamento das águas residuais. A responsabilidade da reutilização é da alçada da delegação municipal do ministério da tutela dos serviços de ambiente e da agricultura.

Segundo Monteiro (2011), no perímetro agrícola de Tchon de Holanda, são produzidas culturas hortícolas entre os quais tubérculos para consumo cozinhado como a batata-doce, batata comum, mandioca e nabo, e os para consumo cru em salada como: beterraba, salsa, coentro, couve, e tomate. Ainda, se cultivam quiabo, milho e árvores de fruto como: citrinos, papaieira, tamareira e cana-de-açúcar. Esta selecção de culturas não cumpre com as normas de qualidade microbiológicas aconselhadas pela OMS.

Na vila turística de Santa Maria na ilha do Sal encontra-se um outro sistema de reutilização das ART. A empresa privada Águas de Ponta Preta (APP) recolhe, trata e distribui o efluente dos hotéis da vila, para rega de espaços verdes na área.

As AR são tratadas por meio das lamas activadas numa instalação com 1000 m³ de capacidade nominal. Segundo os relatórios da empresa, foram recolhidos e tratados 220000 m³ de águas residuais em 2009, sendo encaminhado para reutilização, através de uma rede de distribuição de água para rega, 150000 m³, correspondentes a 68% do volume recolhido.

Na ilha de Santiago, na cidade capital do país, cidade da Praia, encontra-se uma das maiores ETAR do país cujo processo de tratamento são as lamas activadas. Tratamento é levado a cabo pelo processo de lamas activadas acompanhada da desinfecção através da radiação ultravioleta. Por deficiências logísticas, entre os quais o baixo volume de ART, o efluente da ETAR não se adequa à reutilização e os 401500 m³/ano (PAGIRE, 2010) de AR aduzidos à ETAR são descarregados no mar.

Ainda em Santiago, a cidade de Pedra Badejo desde 2008 tem recolhido e tratado o efluente municipal, usando da digestão anaeróbia seguida de filtração para disponibilizar ART para reutilização. Actualmente disponibiliza a volta de 36500 m³/ano de ART, utilizados na sua totalidade para a rega agrícola, a rega de espaços verdes municipais, a lavagem dos equipamentos de recolha de resíduos sólidos urbanos, e a construção civil. Este sistema será detalhadamente descrito posteriormente no estudo de caso.

A análise da diferença entre os tarifários aplicados em Santa Cruz e em São Vicente e Sal mostra uma grande discrepância entre os valores. Em Santa Cruz cada m³ de ART é vendido ao agricultor por 30,00 escudos caboverdianos (ECV) (0,30 €), no depósito de ART da ETAR, com bombagem garantida se necessário. Já no Mindelo e em Santa Maria, este montante sobe para 124,00 ECV (1,24 €), embora seja maior o nível de escassez de água das fontes naturais seja maior nestas cidades do que em Santa Cruz. Ainda, em Santa Cruz, o preço da água de origem natural para rega é subsidiado por parte do estado tornando o preço de venda menor e mais barato que o das ART, o que não dá grande margem para o aumento da tarifa das ART.

3. Metodologia de trabalho

3.1. Principais fases do trabalho

As principais fases deste trabalho resumem-se em:

- Recolha de informação através de pesquisa bibliográfica relativa à reutilização da água, através da consulta de estudos e outros documentos publicados em Cabo Verde. Foram assim consultados o Censo populacional, o Censo da habitação, os planos ambientais nacionais e municipais para o ambiente (PANA e PAM), nos planos sectoriais e intersectoriais, o Plano de Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (PAGIRE), o Recenseamento Geral da Agricultura (RGA), entre outros;
- Caracterização da área de estudo que compreende a ilha de Santiago e seus 9 municípios. Esta caracterização foi feita com base na fisiografia, clima, recursos hídricos, necessidades hídricas, caracterização do consumo, o saneamento básico, as características socioeconómicas e financeiras, as características dos componentes ambientais, a reutilização actual e as potencialidades da reutilização das ART, os mecanismos institucionais que se prendem com a reutilização das ART;
- Diagnóstico e análise crítica da situação actual da RART na ilha de Santiago elaborado com recurso a avaliação da situação actual da RART face à situação potencial;
- A análise de um caso de estudo particular, no município de Santa Cruz, que contou com uma caracterização da exploração da ETAR, monitorização do afluente e dos efluentes de cada operação unitária de tratamento, cálculo das eficiências do tratamento, Caracterização da comunidade agrícola nas proximidades da ETAR e da aceitação da rega com ART pela população;

3.2. Metodologia utilizada

3.2.1. Estimativa das disponibilidades de AR

O valor das disponibilidades de águas residuais (*DAR*) em cada município é o somatório das disponibilidades de AR no meio urbano (*DARU*) e no meio rural (*DARR*) desse município, tendo sido calculada com base nos consumos de água *per capita* da população residente no município, (população residente no meio urbano – PRMU; população residente no meio rural - PRMR), tendo em conta as formas de abastecimento [através da rede pública (RP) ou outras formas de abastecimento onde se incluem os fontanários, autotanques e formas de abastecimento de água consideradas não potáveis entre outras (OF)]. Para o consumo através da rede pública foi considerado um volume médio de 50 L/hab.dia e para outras formas de abastecimento 15 L/hab.dia, independentemente do meio de residência (valores indicados no PAGIRE):

3.2.2. Estimativa das ART disponíveis

A disponibilidade de água residual tratada (*DART*) foi calculada com base na disponibilidade de águas residuais calculada para a população com ligação à rede pública de abastecimento de

água, em meio urbano, aplicando-lhe a respectiva taxa de cobertura da rede de drenagem de AR (RDAR). O valor assim obtido foi afecto pelo factor de recuperação de águas residuais, fixado em 0,8 tendo em consideração as perdas na rede. Então,

Neste cálculo não se considerou o volume referente à população rural por esta não dispor de rede de drenagem de AR

3.2.3.Cálculo das necessidades de água para a rega

Recorrendo aos dados do Recenseamento Geral da Agricultura (RGA) e à bibliografia publicada sobre a agricultura de regadio em Cabo Verde, identificaram-se as culturas da bananeira e da cana-de-açúcar como as mais importantes no regadio e calcularam-se as respectivas necessidades hídricas recorrendo à expressão:

onde ET_c é a evapotranspiração cultural, ET_o a evapotranspiração potencial e K_c coeficiente cultural (Doorenbos & Pruitt, 1975).

Os coeficientes culturais (K_c) utilizados foram os calculados por Moreno (2003) a partir da lista dos coeficientes culturais publicados pela FAO, para as fases de desenvolvimento cultural médio e final.

Tendo obtido as necessidades das culturas calcularam-se as necessidades de água para a rega, subtraindo da ET_c o valor da precipitação registados na área (o valor da precipitação utilizado não corresponde a precipitação efectiva, mas sim ao valor bruto). Considerou-se uma eficiência de rega de 78% na rega por alagamento e 92% na micro-rega. A necessidade de água para rega é obtida segundo a expressão:

3.2.4.Selecção das culturas a considerar

A selecção das culturas a considerar para o estudo das necessidades de água para a rega foi feita de entre todas as que são cultivadas em Santiago e são passíveis de serem regadas com ART sem que daí ocorram riscos para a saúde humana. De entre estas escolheram-se as culturas com base na sua importância para a segurança alimentar do país, na sua importância económica, e na importância dos consumos de água. O repolho, tomate e pimentão foram identificados como as culturas que ocupam maiores áreas de solo dentro do grupo das hortícolas, e foram seleccionadas para a determinação dos limites inferior e superior do volume de água de rega necessário para a ilha de Santiago nos cenários a considerar. Esta selecção baseou-se na importância percentual da ocupação solo por cada hortícola, calculada através da razão entre as produções de hortícolas de 1996 a nível do país (em toneladas), e a produtividade média das variedades de cada cultura mais frequentes no país (em toneladas/ha).

3.2.5.Levantamento das áreas agrícolas ocupadas por cada cultura

Para conhecer a ocupação de terrenos agrícolas de regadio com cana-de-açúcar recorreu-se à informação dos técnicos do sector agrícola em Santiago, tendo como referência de base os valores apresentados no documento Visão 2000 extraído do Plano Director da Irrigação. Para a

cultura da bananeira baseou-se nos dados do RGA 2004 relativos aos números de bananeiras dos pomares dos municípios do país e fez-se uma aproximação à área de ocupação multiplicando o número de plantas pelo compasso entre elas (3m×3m). A área de ocupação das hortícolas foi fixada em 70% do total da área com aptidão para o regadio para o cenário de menor consumo de água (cenário1), e 20% para o de maior consumo (cenário2).

3.2.6.Caracterização das águas residuais

3.2.6.1. Avaliação do caudal

A caracterização das águas residuais foi feita através da avaliação do caudal de AR diário e horário afluente à ETAR de Santa Cruz e da qualidade física, química e microbiológica das AR e das ART, no período de tempo que vai do mês de Setembro de 2010 a Março de 2011.

A avaliação do caudal afluente à ETAR foi feita através de registos das horas de bombagem acumuladas em dois dias consecutivos ($H_{\text{acumulado1}}$ e $H_{\text{acumulado2}}$) a partir da estação elevatória (EE) imediatamente antes da ETAR, e do caudal médio da bomba [Q (bomba)], determinado experimentalmente. O caudal diário (correspondente ao volume bombado para a ETAR entre as 7:00 horas de um dia e as 7:00 do dia seguinte) é dado por:

3.2.6.2. Amostragem e análise laboratorial

A recolha das amostras destinadas à análise físico-química e química foi feita em frascos opacos de polietileno com a capacidade para 1 L. Para a recolha de amostras destinadas a análises microbiológicas foram usadas frascos de vidro Duran de 500 ml, previamente esterilizados e condicionados em malas térmicas dispondo de termoacumuladores para o transporte. Os recipientes não esterilizados foram limpos, passados por água destilada e enxaguados com água a analisar, antes da recolha. Após a recolha foram rapidamente fechados e acondicionados logo após medição da temperatura, CE e STD.

Análise físico-química, química e microbiológica do efluente, foi efectuada em dois laboratórios diferentes (LASAP – Laboratório de Água Solo e Planta, do INIDA, e Laboratório do departamento de Química Agrícola e Ambiental - DQAA do ISA), segundo os métodos apresentados no Quadro VI.1 do Anexo VI. Deve-se realçar que a carência química de oxigénio (CQO), os nitratos, o azoto amoniacal, o cálcio e o magnésio foram determinadas por meio de métodos e/ou técnicas diferentes entre os laboratórios.

3.2.7.Caracterização da área agrícola contígua à ETAR de Santa Cruz e inquérito à população do município

A caracterização da área agrícola foi feita com base no inquérito aplicado aos agricultores, na medição das áreas de regadio, na identificação da ocupação do solo, na análise laboratorial do solo e na análise quantitativa e qualitativa da água usada para a rega. Os modelos de inquérito usados constam dos quadros do Anexo IV. A maioria das perguntas era do tipo fechada, limitando-se a resposta à marcação de uma cruz na opção escolhida. O objectivo desta acção era a caracterização da RART no município.

As áreas das explorações com regadio inqueridas foram obtidas por medição directa. A avaliação da quantidade da água utilizada pelos agricultores na rega foi feita medindo o caudal elevado pela bomba durante 60 segundos. Multiplicando este valor pelo tempo de rega (em minutos), obteve-se o volume de água usado em cada exploração.

A análise de qualidade da água usada na rega foi feita usando os mesmos métodos de análise usados na avaliação da qualidade das ART.

A avaliação da qualidade dos solos foi feita nos Laboratórios LASAP e no Laboratório de solos do ISA. Foram analisadas duas amostras compostas do solo, uma representativa do solo das encostas e outra representativa do solo do fundo dos vales. Os parâmetros analisados e as metodologias de análise estão indicados no Quadro VI.2 do Anexo VI.

O inquérito, a nível do agregado familiar, foi aplicado de forma aleatória limitada à população da zona urbana visava caracterizar o abastecimento de água (condições do abastecimento de água na zona, grau de satisfação, população servida, consumos) e o conhecimento e a aceitação da RART na agricultura. As questões colocadas, apresentadas no Anexo V, foram maioritariamente fechadas, e as respostas foram lançadas num ficheiro do Excel, posteriormente foram-lhes aplicadas uma análise de frequência.

O valor da facturação mensal da água, obtido por inquérito, foi convertido em volume consumido de acordo com a tabela dos escalões de consumo adoptada pelo SAAS. Deste modo valores inferiores ou iguais a 1320 ECV equivalem a 6 m³/mês, valores entre 1320 e 2800 ECV correspondem a 6 a 10 m³/mês, e valores mensais superiores a 3000 ECV correspondem a mais de 10 m³/mês

3.2.8. Análise dos dados

Os resultados das análises da qualidade das AR (afluente e efluentes) da ETAR de Santa Cruz foram descritos estatisticamente (média, desvio padrão, mínimos e máximos). Os outliers foram identificados e excluídos do grupo dos resultados. Usou-se do teste ANOVA para estudar o efeito do factor “tratamento” sobre a variação das médias dos valores dos parâmetros analisados, a um nível de significância de 0,05.

4. A reutilização das ART em Santiago - Cabo Verde

4.1. Características gerais da ilha de Santiago

Cabo Verde é um país insular constituído por dez ilhas, Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia, São Nicolau, Sal, Boavista, Maio, Santiago, Fogo e Brava, sendo 9 habitadas, e treze ilhéus, localizado a cerca de 450 km da costa ocidental africana, ao largo do Senegal, entre os paralelos 15 e 17 graus de latitude norte e as longitudes de 22° 41' e 25° 22' Oeste de Greenwich numa zona de elevada aridez meteorológica, como se apresenta no mapa de localização no Anexo VII. A superfície emersa total do país é de 4033 Km² (Pina *et al.*, ND).

A economia cabo-verdiana baseia-se principalmente no sector dos serviços com uma contribuição de 85,5% do PIB em 2007, contribuindo os sectores da agricultura e da indústria com 5% e 6,7% respectivamente (Decreto-Lei nº 7/2004). 37% da população residente no país é pobre e 16% são considerados muito pobres, pobreza esta fortemente ligada ao analfabetismo (de 6,0% para a população na faixa etária de 15 a 34 anos, 23,7% na de 35 a 49 anos e 53,9 na população com mais de 50 anos). A pobreza em Cabo Verde é de natureza estrutural encontrando-se ligada à fraqueza da base produtiva e às próprias características da economia. A elevada taxa de fecundidade traduz-se num ritmo de crescimento populacional acima das reais possibilidades do país e tem consequências negativas nas condições de vida das populações (INE, 2003).

Santiago pertencente ao grupo das ilhas de Sotavento. De origem vulcânica, é uma das ilhas mais montanhosas do arquipélago, assim como Fogo e Santo Antão.

O clima é do tipo subtropical seco, caracterizado por uma curta estação de chuvas de Julho a Outubro, com precipitações, por vezes torrenciais e mal distribuídas no espaço e no tempo. A média anual de precipitação é de cerca de 225 mm, com tendência para baixar desde a década de sessenta do século passado, com reflexos negativos não só nas condições de exploração agrícola, mas também no abastecimento de água. O país sofreu episódios de seca cíclicas terríveis, que se reflectiram significativamente na demografia do país (INMG *et al.*, 2007). A mais recente, foi a fome de 1947 com muitas vidas perdidas.

Segundo o Censo 2010, na ilha de Santiago, a maior do país com uma área de 990,9Km², reside 55,7% da população caboverdiana, administrativamente distribuídos por 9 municípios: Tarrafal, Santa Catarina, Calheta São Miguel, São Salvador do Mundo, São Lourenço dos Órgãos, Santa Cruz, São Domingos, Praia (capital do país) e Ribeira Grande de Santiago.

4.2. Recursos Hídricos

Como em todo o arquipélago, há também escassez dos recursos hídricos em Santiago. As causas desta escassez são as mesmas apontadas por Pereira *et al.*, (2009): insuficiência de água disponível por ser um país de clima árido a semi-árido; a diminuição da água disponível por causa da seca; indisponibilidade de água de boa qualidade devido à poluição; a deficiente gestão da água, e a inexistência ou a fraca existência de infraestruturas de captação e fornecimento de água.

Os episódios de chuva concentram-se principalmente nos meses de Agosto a Setembro quando ocorre 60 a 80% da precipitação anual. Dependendo da latitude, da topografia e da

orientação apresentada por cada encosta o comportamento da precipitação altera-se entre as ilhas e dentro da mesma ilha. A precipitação média anual do país é de 246 mm, e destes, 51% evapora, 32% contribui para o escoamento superficial e 17% infiltra-se.

O país começa a dar os primeiros paços na captação e armazenamento de águas superficiais com a construção da Barragem do Poilão localizada na ilha de Santiago com a capacidade para armazenar $1,7 \times 10^6$ m³/ano de água. O aprovisionamento da água através de captação da água das chuvas pelos telhados ou pelas superfícies impermeabilizadas e armazenamento em cisternas familiares e/ou comunitárias já são práticas comuns entre as ilhas do Fogo e de Santiago. A captação da água do nevoeiro é outra tecnologia de aprovisionamento da água em estudo nos pontos mais altos da ilha de Santiago. A dessalinização da água do mar é uma importante origem de água alternativa, hoje implementada nas principais cidades do país.

Para além dos sistemas de exploração de água referidos, cujo quantitativo produzido é baixo, a exploração das águas subterrâneas, através das nascentes, poços e drenos transversais para captações em aquíferos aluvionares e furos para captação nos aquíferos descontínuos dos basaltos, é a principal forma de disponibilizar água para os caboverdianos.

Segundo a estimativa do Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos (INGRH), existem no país 2304 nascentes, 1173 poços e 238 furos (INGRH, 2000) disponíveis para explorar os 17% da precipitação, que constitui a infiltração.

De acordo com os dados do Plano Director dos Recursos Hídricos e do Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento (PNUD), a disponibilidade dos recursos hídricos nacional de origem natural é de $235,5 \times 10^6$ m³, que ao ser distribuído pelo número actual de habitantes resulta em 479 m³/hab.ano, o que classifica o país, segundo o stress hídrico, como país de absoluta escassez de água (Quadro 4.1).

Quadro 4.1: A disponibilidade hídrica nas ilhas de Cabo Verde segundo a origem da água

Ilha	Disponibilidade de água superficial* (10 ⁶ m ³ /ano)	Disponibilidade de água subterrânea tecnicamente explorável** (10 ⁶ m ³ /ano)	População	Disponibilidade de água doce por (m ³ / hab.ano)
S. Antão	27	17,9	43915	1022
S.Vicente	2,3	0,3145	76140	34
S.Nicolau	5,9	2	12817	616
Sal	0,7	0,3	25779	39
Boa Vista	2,5	0,515	9162	329
Maio	4,7	0,7	6952	777
Santiago	56,6	21,25	274044	284
Fogo	79	10,65	37071	2418
Brava	2,3	1,3	5995	601
Cabo Verde	181	54,5	491875	479

** valor correspondente à média das disponibilidades nos períodos médio e seco

* valor correspondente a disponibilidade bruta

Fonte: Adaptado do (PAGIRE, 2010)

Por experiência, nos países moderadamente desenvolvidos, em zonas áridas, o valor mínimo abaixo do qual os países ficam mais propensos a começar a sentir stress hídrico, que podem impedir o desenvolvimento e prejudicar a saúde humana é de 1700 m³/hab.ano em recurso renovável de água doce (Earth Trends, 2001 *cit in* EPA, 2005). A escassez absoluta reside abaixo dos 500 m³/hab.ano, correspondente ao caso de Cabo Verde, e o nível limite da

sobrevivência são 100 m³/hab.ano. Nestas condições, a dessalinização da água do mar tem sido a principal origem alternativa de água para suprir a escassez deste recurso no país. Segundo o PAGIRE (2010), o volume de água dessalinizada actualmente é de 1,79×10⁶ m³/ano.

A ilha de Santiago é a que possui maior disponibilidade de recursos hídricos, e a segunda com maior volume de água por unidade de área. Mesmo assim é a que apresenta maior stress hídrico em comparação com as outras ilhas em excepção ao Sal, São Vicente e Boa Vista onde são muito reduzidas as disponibilidades de água subterrânea. A razão desta escassez acrescida, 40% inferior à média nacional, é de carácter social, pois vivem na cidade da Praia mais de ¼ da população do país, que migrou para cidade em busca de melhores meios de sobrevivência, face à seca nos meios rurais e a falta de oportunidades noutras ilhas. Por isso percebe-se uma maior pressão sobre seus recursos hídricos da ilha.

As formas de captação de água subterrânea em Santiago são geralmente as mesmas usadas em todo o país. Santa Cruz aparece na lista com o maior número de poços e com o maior volume captado de toda a ilha (Quadro 4.2).

Essa captação é feita por privados, associações ou por organismos públicos como o Serviço Autónomo de Água e Saneamento (SAAS), cabendo a sua gestão ao INGRH. Cerca de 71% dos furos são destinados a exploração de água para rega, e o restante para fins mistos (consumo humano - uso doméstico, rega e outros).

Quadro 4.2: Formas de captação e volumes de água captados em Santiago
Captações diárias (m³/dia)

Municípios	Nascente	Poço	Furo	Total
Tarrafal e Calheta	1241	1231	3152	5624
S. Catarina e S. Salvador do Mundo	10563	2508	1597	14668
S. Cruz e S. Lourenço	2396	9584	5313	17293
Praia; S. domingos e Ribeira Grande	9540	1749	5115	16404

Fonte: INGRH, 2000

Cerca de 74% do volume de água captado em Cabo Verde tem como destino o sector agrícola e 17% destina-se ao abastecimento público (Figura 4.1).

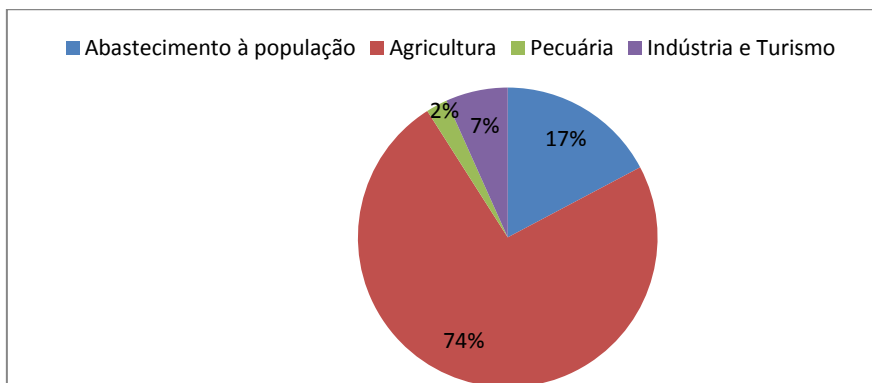


Figura 4.1: Consumos de água em Cabo Verde segundo o sector de actividade

Fonte: adaptado do INGRH (2000)

4.3. Saneamento básico

Abastecimento de água potável

De acordo com os dados apresentados no PAGIRE, correspondente ao levantamento das produções de água potável em alguns pontos do país, feito junto aos produtores (Electra – Empresa pública de água e energia; e dos SAAS – Serviço de abastecimento de água e saneamento), as disponibilidades de água potável para o consumo doméstico, para a indústria e turismo da ilha de Santiago são as apresentadas no quadro seguinte.

Quadro 4.3: Disponibilidade de água potável nos municípios da ilha de Santiago

Municípios de Santiago	Volume de água potável	Volumes consumidos pela
	distribuída m ³ /dia	indústria e pelo turismo (m ³ /dia)
Tarrafal	649,318	32,466
Santa Catarina	1424,030	71,202
Santa Cruz	922,000*	46,100
Praia	5886,874	294,344
S. Domingos	352,507	17,625
Calheta de S. Miguel	245,238	12,262
S. Salvador do Mundo	—	—
S. Lourenço dos Órgãos	118,551	5,928
Ribeira Grande de Santiago	—	—
Total da ilha	9598,518	479,927

Fonte: PAGIRE, 2010; * levantamento no local

O volume referido, abastece uma população de 274 mil habitantes, dos quais 77% têm acesso à água potável, 41% é servida por redes públicas de abastecimento de água e os demais por chafarizes, autotanques entre outros. São desiguais os consumos *per capita* de água correspondentes às diferentes formas de abastecimento. Assim, para a população servida por rede de abastecimento, a captação média é de 50 L/hab.dia, e por outras formas como chafarizes, autotanques, através da casa de vizinhos, entre outras, a captação média é de 15 L/hab.dia.

A tarifa de água não é uniforme entre as formas de consumo. Os que abastecem através do chafariz, geralmente pertencentes a camada mais desfavorecida, pagam mais pela água que consomem. Para alguns municípios como Praia e Santa Cruz existem três escalões de consumo: a) 227 ECV para consumos inferiores a 6 m³ mensais; b) 317 ECV para consumos de 6 a 10 m³; c) 397 ECV para consumos superiores a 10 m³ mensais.

Drenagem de AR

A maioria da água potável consumida origina AR, excepto as utilizadas na rega, actividade pouco vulgar na ilha de Santiago quando realizada com este tipo de água. Desta forma pode-se aproximar o volume de AR produzidos na ilha ao volume de água potável produzido, independente das formas de abastecimento de água ou dos meios de residência.

O facto de ser relativamente recente a implementação de redes de drenagem de águas residuais municipais em Santiago, a maior fracção do efluente recolhido, contabilizando as perdas na rede, é encaminhado à uma estação de tratamento, fazendo coincidirem os níveis de cobertura por ETAR e por rede de drenagem.

Na ilha de Santiago contabilizam-se 3 ETAR municipais instaladas nos municípios da Praia, Santa Cruz e Tarrafal. Encontra-se em fase de construção a ETAR de Calheta São Miguel, e em fase de projecto a ETAR de Santa Catarina.

Segundo os dados do Censo 2010, em Cabo Verde, a rede de drenagem de AR cobre, a nível do país 29,4% da população urbana e 1,1% da população rural, estando a ilha de São Vicente acima da média nacional (68% de cobertura). A fossa séptica constitui até então a principal forma de evacuação das águas residuais (48,1% e 44% nos meios urbano e rural respectivamente). Na ilha de Santiago, o atendimento da população com rede de drenagem de AR para as zonas urbanas dos três municípios onde este serviço é prestado, varia entre 15 a 23%.

No Anexo X apresenta-se detalhadamente a situação do saneamento em Santiago para os meios de residência urbano e rural.

4.4. Volumes de águas residuais geradas

Os volumes de AR e ART gerados na ilha (calculados a partir do consumo doméstico *per capita*, da população residente, dos consumos da indústria e do turismo e do nível de cobertura da rede de drenagem) são os apresentados no Quadro 4.4. Embora os dados do Censo não diferenciam o nível de cobertura da rede de drenagem de águas residuais em meio rural ou urbano ao nível dos municípios, as informações obtidas localmente permitem aceitar que a rede de drenagem da AR municipais só cobre a população servida por rede de abastecimento de água das áreas urbanas.

Quadro 4.4: Volumes diários de AR municipais geradas, recolhidas nas redes de drenagem de AR e tratadas em ETAR (valores obtidos com base em dados de 2010)

Municípios	Volumes de AR geradas (m³/dia)		Volumes de AR recolhido em rede de drenagem com ETAR (m³/dia)		Volume de ART (m³/dia)		Volume de ART (m³/ano)
	Meio urbano	Meio rural	Meio urbano	Meio rural	Meio urbano	Meio rural	
Tarrafal	270,82	477,42	46	0	37	0	13505
Santa Catarina	442,17	963,45	0	0	0	0	0
Santa Cruz	385,88	637,60	106	0	(85**)100	0	36500
Praia	4437,64	123,74	1317	0	1054	0	384710
S. Domingos	84,82	292,15	0	0	0	0	0
Calheta de S. Miguel	154,31	384,04	0	0	0	0	0
S. Salvador do Mundo	28,81	149,03	0	0	0	0	0
S. Lourenço dos	67,64	206,59	0	0	0	0	0
Ribeira Grande de	38,57	225,59	0	0	0	0	0
Total Santiago	5910,64	3459,61	1469	0	1091	0	434715

** Embora tenha-se alcançado, através dos cálculos, um volume de ART próximo ao valor medido (no estudo de caso), considerar-se-á o volume medido já que, para este caso é conhecido;

Segundo o Quadro 4.4, as AR recolhidas em rede drenagem, representa 20%, 31% e 26% do seu potencial de águas residuais geradas nas zonas urbanas dos municípios do Tarrafal, Santa Cruz e Praia respectivamente, potencial este calculado admitindo que a cobertura da rede de drenagem de AR fosse de 80% para a população com acesso à rede de abastecimento de água.

Em alguns casos como Tarrafal, Santa Cruz, Calheta, São Lourenço, o volume de AR gerado calculado resultou num valor inferior ao volume distribuído, o que pode significar a existência de um défice do volume distribuído (nem todos os consumidores têm acesso aos 50 L/hab.dia ou 15 L/hab.dia conforme a forma de abastecimento), ou poderá estar-se a sobrestimar o volume de AR gerado, ao usar valores médios de consumo de água *per capita* e de níveis de

cobertura pela rede de abastecimento de água sem diferenciá-los segundo as áreas rural e urbano por municípios. De facto o mais recente Censo (Censo 2010) não disponibilizou informações a este nível, mas refere que a nível do país, a cobertura da rede de abastecimento público para consumo doméstico é de 56,7% no meio urbano e de 38,2% no meio rural.

4.5. A agricultura em Santiago - Cabo Verde

No âmbito do tema da dissertação, a caracterização da agricultura na área de estudo em termos de áreas disponíveis, áreas cultivadas, solos, tipos de culturas produzidas, volumes de água consumidos na agricultura e necessidade hídrica reais das culturas, é de capital importância para estimar as necessidades do sector, a potencial procura das ART, e a viabilidade do uso das ART na rega.

O país conta com 44358 ha de área agrícola total, divididos em 85671 parcelas de dimensões maioritariamente inferiores a 1 ha, onde 40295 ha são cultivados em regime de sequeiro, 3476 ha em regime de regadio e o restante em regime misto (RGA, 2004).

A agricultura continua sendo uma actividade de subsistência, com investimento tecnológico rudimentar, assente em pequenas unidades familiares, de características tradicionais. Apesar de ter 40% da população nacional a seu serviço, a sua contribuição deste sector para o PIB tem baixado de 6,3% em 2004 para 5% em 2007.

A falta de chuva é o principal problema apontado à produção agrícola na ilha. Esta encontra-se subdividida em estratos climáticos que influenciam significativamente a produção agrícola, e o próprio estabelecimento das culturas pelos terrenos agrícolas disponíveis, associada à altitude que é um factor importante na distribuição da precipitação (Hernández, 2005).

Os municípios de Santa Cruz, Calheta, Ribeira Grande de Santiago e Praia localizam-se quase na sua totalidade nas zonas bio-climáticas árida a semi-árida, áreas estas localizadas entre 0 a 400 m de altitude e precipitação média inferior a 300 mm, para zonas áridas, e de 300 e 400 mm, para as semi-áridas. São áreas mais marginais, onde estão localizadas as maiores áreas de aptidão à agricultura de regadio, nos largos vales na foz das bacias hidrográficas. A maioria das áreas dos municípios de Santa Catarina, São Salvador do Mundo, São Domingos e São Lourenço dos Órgãos pertencem ao estrato sub-húmido, localizando -se entre 400 a 600 m de altitude, com a precipitação a oscilar entre 400 a 600 mm. É a zona de maior aptidão agrícola, conjugando o maior volume da precipitação à disponibilidade de terreno agricultável. As localidades de Serra da Malagueta e de São Jorge dos Órgãos localizadas a mais de 700 m de altitude, pertencentes aos municípios de Tarrafal e São Lourenço dos Órgãos respectivamente, pertencem ao estrato climático húmido, apresentando precipitações médias anuais acima de 600 m. É o mais produtivo em termos de produção forrageira e agrícola, embora seja menor a área agrícola cultivável disponível.

O milho (*Zea mays*) é a principal cultura do país com uma produção média de 300 kg/ha, cultivada principalmente em regime de sequeiro, em associação com diversos feijões (feijão pedra (*Lablab dolichos*), bongolom (*Vigna unguiculata*), sapatinha (*Phaseolus vulgaris*), fava (*Phaseolus lunatus*) e feijão congo (*Cajanus cajan*), e segundo dados da estatística agrícola as produções agrícolas de sequeiro decresceram consideravelmente de 1987 a 1996. Mesmo

sendo uma cultura típica da agricultura de sequeiro, é comum o seu cultivo em áreas mistas de sequeiro e regadio, após a colheita da safra de sequeiro.

Apesar da grande importância da agricultura de sequeiro na segurança alimentar e como sector de actividade, este trabalho incidirá sobre a agricultura de regadio, até porque a maioria das parcelas de sequeiro não são passíveis de ser adaptadas ao regadio.

4.5.1.A agricultura de regadio

As áreas de regadio no país ocupam cerca de 3026,5 ha durante a época fresca (período de chuvas) e cerca de 2807,8 ha durante a época quente (período de seca), sendo que aproximadamente 90% das parcelas agrícolas de regadio estão localizadas nas ilhas de Santo Antão e Santiago (RGA, 2004). A intensidade de exploração das áreas regadas varia em função da disponibilidade intra-anual da água subterrânea que, por seu lado, é fortemente condicionado pelo clima.

Na ilha de Santiago o regadio pode ser praticado em 1103 ha que corresponde a menos de 10% do total das áreas agricultáveis da ilha. A área efectivamente cultivada fica aquém deste valor, representando 74 a 78% desta área conforme se trate do regadio quente ou do regadio fresco respectivamente (Quadro 4.5).

Quadro 4.5: Distribuição das áreas de regadio cultivadas e das áreas potencialmente cultiváveis por município (ha)

	Área cultivada em regime de regadio fresco* (ha)	Área cultivada em regime de regadio quente** (ha)	Área cultivável em regime de regadio (ha)
Cabo Verde	2.732	2.584	3.476
Santiago	911	869	1.103
Tarrafal	18	20	27
Santa Catarina	144	146	160
Santa Cruz	314	292	378
Praia	186	177	265
São Domingos	132	118	153
São Miguel	117	116	120

Fonte: RGA (2004); Plano Ambiental Municipal Santa Cruz

*Regadio fresco corresponde a áreas de regadio cultivadas nos meses em que a temperatura é menor

**Regadio quente é praticado nos meses em que a temperatura é maior, correspondentes ao período das chuvas

O tamanho médio mais comum das parcelas com aptidão para o regadio ronda a volta dos 0,25 ha, localizados principalmente no fundo dos vales e nas partes mais baixas das encostas. A mão-de-obra utilizada na produção é maioritariamente familiar.

Segundo INGRH (2000), metade da superfície regada é ocupada pela produção da cana sacarina e a outra metade pela produção de hortícolas e frutas. O PAGIRE (2010) aponta a cana-de-açúcar como a mais importante cultura de regadio no país, com uma cobertura que varia entre 46 a 80% da área regada nas diferentes ilhas.

Cana-de-açúcar – O que torna esta cultura mais interessante no contexto da rega com ART, além da sua grande importância na agricultura do país, é o facto de ser uma cultura industrial (fabrico de aguardente), o que traduz a redução dos riscos da rega com ART.

De entre as fruteiras cultivadas em regadio, a bananeira é a principal cultura, o único produto agrícola a ser exportado de Cabo Verde, sendo a segunda mais importante atrás da cana-de-açúcar. A superfície de produção de banana na ilha de Santiago é estimada em 150 a 170 ha (Monteiro, 2008). Segundo o RGA (2004), a bananeira representa 92% do total das fruteiras em pomar, e 59% das fruteiras dispersas. O município de Santa Cruz tem sido o maior produtor de banana do país, apesar dos registados episódios de doenças e pragas que têm afectado a produção ao longo dos tempos e que a tem feito cair.

O Quadro XI.1 do Anexo XI mostra a importância da bananeira entre outras fruteiras e apresenta as áreas estimadas para esta cultura nos diferentes municípios, estimativa que foi feita com base no número total de bananeiras em pomares por município e num compasso 3x3m entre elas nos pomares.

As características da planta, e o facto da sua parte comestível ser protegida por uma casca habitualmente não comestível, torna-a muito interessante em termos do risco sanitário associado à contaminação por organismos patogénicos das AR. Além disso, o hábito alimentar de cozinhar este produto quando ainda verde, minimiza o risco alimentar.

As hortaliças mais comuns cultivadas no país são o tomate, a batata o repolho, a alface, a cebola, o alho, a couve, o pepino, entre outros.

4.5.1.1. Características dos solos

Os solos de origem vulcânica, característico da ilha, são, de uma maneira geral, pouco evoluídos, pouco profundos, pedregosos e representam mais de metade da superfície do país. Apresentam, em geral, uma tendência para a alcalinidade, com um baixo teor de matéria orgânica, mas, em contrapartida, são ricos em elementos minerais que se encontram muito erodidos.

Segundo as formações geológicas mais frequentes em Santiago, as características dos solos são as seguintes (CMSC, 2006):

- Nas baixas aluviais os solos são mais desenvolvidos, apresentando maior humidade e depósitos aluvionais como substrato geológico. Predominam os Fluvisolos éutricos de origem aluvionar. São solos bastante produtivos favoráveis à prática da agricultura. Apresentam texturas médias a grosseiras e contêm material grosseiro como saibro, cascalho e pedra miúda ou mesmo pedras maiores conferindo-lhe grande permeabilidade. Conseguem atingir uma profundidade de 30 m e constituem dreno natural das formações vulcânicas permeáveis.
- Nas Achadas, contrariamente, os solos são pouco desenvolvidos, quase inadequados para a agricultura, possibilitando melhor a silvo pastorícia. Trata-se, essencialmente, de Xerossolos háplicos, Xerosolos lúvicos e Cambissolos líticos. De um modo geral, são solos pouco espessos, de textura fina em média e com muita pedregosidade.

O declive é outro factor muito importante na efectivação da rega com águas residuais tratadas. A ilha de Santiago devido à sua origem vulcânica, apresenta declives muito acidentados em mais de 50% dos casos superiores à 60% (DESIRE, 2009). O controlo da erosão e a

prevenção da ocorrência de escorrências superficiais terão de ser levados em consideração no uso de ART na rega.

Os vales são as áreas de menor declive, sempre inferior à 20%. A sua formação geológica confere-lhe elevada permeabilidade quando o lençol freático localiza-se entre 4 a 5 metros de profundidade, aspecto que merece especial atenção na rega com ART (CMSC, 2006).

As achadas apresentam uma topografia acidentada, com declives sempre superiores a 30% chegando a ser em alguns casos superiores a 100%.

Segundo o RGA, 47,2% dos solos de Santiago não estão degradados, 2% encontram-se salinizados (sendo Tarrafal o município com maior percentagem de solos salinizados), 33,7% dos solos são pedregosos e 11,3 estão erodidos.

Segundo Hernadéz (2005), a condutividade eléctrica destes solos é geralmente baixa, embora se tenha registado valores elevados junto á costa, nas zonas da Ribeira Seca e da Ribeira dos Pico no município de Santa Cruz, indicando que os solos se encontram fortemente salinizados nestas áreas (Hernández, 2005).

4.5.1.2. *Necessidades hídricas*

Pela importância na segurança alimentar, por serem as maiores culturas do regadio, com maiores consumos de água, o milho, a cana-de-açúcar e a bananeira foram as culturas escolhidas para serem estudadas em termos de necessidades hídricas das plantas e da oportunidade de rega com ART. De facto, o PAGIRE (2010) menciona existir uma baixa eficiência da rega, com aplicações excessivas de água. O estudo das necessidades hídricas permitirá uma aproximação aos valores a atribuir aos consumos para satisfazer as necessidades de água da rega racional.

O Quadro 4.6 apresenta os valores das necessidades hídricas das plantas calculadas neste trabalho usando os valores dos coeficientes culturais apontados no quadro, e os obtidos por Moreno (2003) para as mesmas culturas.

Quadro 4.6: Necessidades hídricas anuais das plantas

Cultura	Kc		Necessidades hídricas anuais		
	Kc inic*	** Kc mid	** Kc end	Presente Trabalho	** Moreno (2003)
Bananeira	0,56	1,1	1	1457	1573
Cana-de-açúcar	0,56	1,25	0,75	1471	1622
Milho	0,56	1,2	0,6-0,35	835	826

* Valor calculado pela tabela da FAO (Doorenbos & Pruitt, 1975); ** Valor obtido de Moreno (2003)

Embora tendo sido usados os mesmos coeficientes culturais, os valores das necessidades hídricas obtidos neste estudo para as culturas da bananeira e da cana-de-açúcar são ligeiramente inferiores aos da bibliografia consultada.

Considera-se que na ilha de Santiago a ocupação das terras de regadio pela cultura da cana-de-açúcar é de 46% da área total de regadio, valor atribuído com base nos poucos dados publicados, anteriormente referidos, e na experiência de alguns profissionais do sector, técnicos superiores e agricultores. Relativamente à cultura da bananeira, será considerada unicamente a produção em pomar, de acordo com o RGA (2004), e os valores da ocupação

encontram-se dispostos no Quadro 4.7. Por não existirem dados nenhuns referentes ao cultivo do milho em regadio, não foi possível determinar a sua ocupação de solo.

Nestas condições a área de regadio considerada foi a área com aptidão para o regadio potencialmente cultivável.

Quadro 4.7: A área de ocupação das culturas de cana-de-açúcar e bananeira			
	Área cultivável em regime regadio (ha)	Área ocupada pela cultura da Cana-de-açúcar (ha)	Área ocupada pela cultura da bananeira (ha)
Tarrafal	27	12,42	0,09
Santa Catarina	160	73,6	0,57
Santa Cruz	378	173,88	196,56
Praia	265	121,9	0,14
São Domingos	153	70,38	0,14
Calheta	São	55,2	0,05
Miguel			
Santiago	1.103	507,38	197,55

Conhecendo as necessidades hídricas das diferentes culturas e as respectivas áreas de ocupação em regadio, aceitando que a representatividade dos diferentes métodos de rega é a mesma para as três culturas em estudo, levando em consideração a precipitação local, calcularam-se as necessidades de água para rega de cada uma das culturas consideradas (Anexo VIII).

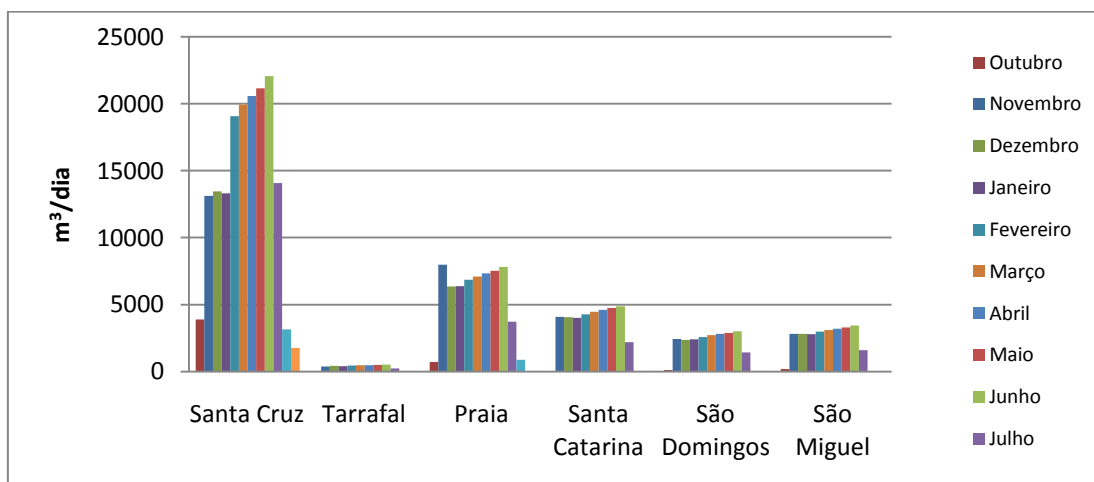


Figura 4.2: Variação das necessidades de água de rega ao longo do ano segundo os municípios

Os municípios de Santa Cruz e da Praia apresentam maiores necessidades de água de rega como se pode perceber pela Figura 4.2. A grande área de Cana-de-açúcar que ambos apresentam justifica este facto. De facto, os municípios de Ribeira Grande de Santiago cuja área agrícola está contida no da Praia, São Lourenço dos Órgãos e Santa Cruz são vulgarmente conhecidos como os principais produtores de cana-de-açúcar e de aguardente na ilha.

O pico da necessidade de água para rega em Santiago acontece no mês de Junho, (41690 m³/dia para as culturas de bananeira e cana-de-açúcar). A partir deste mês ocorrem as primeiras chuvas reduzindo-se assim a procura da água para rega para valores da ordem dos 2000 m³/dia, ou seja, 5% do referido máximo (Figura 4.3).

Em qualquer período, os municípios de maior demanda continuam sendo Santa Cruz e Praia. O valor das necessidades de água calculado no presente estudo é cerca de 30% superior ao valor estimado pelo INGRH. Deve-se ter em consideração que o valor calculado neste estudo refere-se às duas culturas de grandes consumos de água, enquanto que o outro refere-se a todas as culturas na ilha.

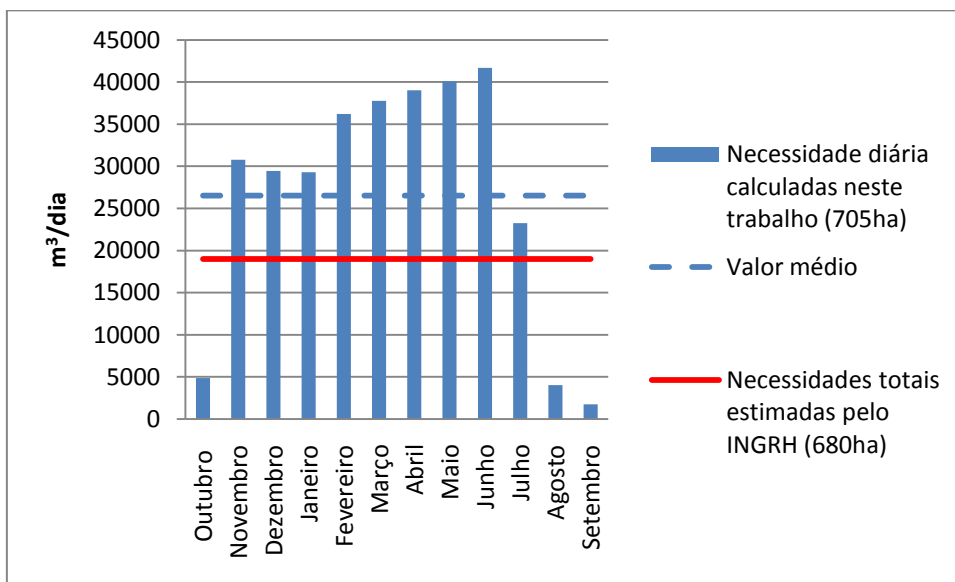


Figura 4.3: Necessidades diárias de água para a rega da cana-de-açúcar e da bananeira em Santiago por ano

A horticultura, embora ocupando uma posição menor do cultivo de regadio em Cabo Verde, e não tendo sido considerada no âmbito da rega com ART neste estudo, partilha com a cana-de-açúcar e a bananeira os volumes de água para a rega disponíveis na ilha pelo que quanto maior for a compensação das necessidades de água de rega pelas ART, menor será a pressão exercida sobre os recursos hídricos naturais, ou haverá um aumento das disponibilidades das águas de origem natural para as hortícolas.

Para avaliar a importância do uso da ART na rega no que respeita ao aumento das disponibilidades hídricas, foram considerados dois cenários limites de necessidades de água de rega. Um cenário de menor necessidade (Cenário 1) com uma maior área ocupada por culturas hortícolas, e de maior necessidade quando a maioria da área é ocupada pelas culturas de cana-de-açúcar e bananeira (Cenário 2). Foram seleccionadas as hortícolas mais importantes do regadio para este estudo: repolho, tomate e Pimentão, segundo a sua área de ocupação de solo.

No Quadro XI.2 do Anexo XI apresenta-se a distribuição da área de regadio atribuída às culturas consideradas, e com base nestes valores e nas respectivas necessidades hídricas, calculou-se as necessidades de água de rega nos dois cenários. Notou-se que a necessidade anual de água para rega no cenário1 é de $6,171 \times 10^6 \text{ m}^3$ e no cenário2 é de $12,447 \times 10^6 \text{ m}^3$ para a ilha de Santiago. O Anexo XII apresenta as necessidades diárias de rega por município por cada mês do ano em cada cenário.

4.5.1.3. Disponibilidade actual de água para rega

Uma vez conhecidas as necessidades de água para a agricultura em Santiago, expomos as disponibilidades de água, entendendo-se neste caso por disponibilidade de água os volumes de água captados para a rega.

O volume de água necessária para a agricultura em Cabo Verde foi avaliado em $28,2 \times 10^6$ m³/ano, sendo as extracções da ordem de 22×10^6 m³/ano, o que significa um défice de aproximadamente 6×10^6 m³/ano (INGRH, 2000).

As principais origens de água para a agricultura são as galerias, as captações aluviais por meio de poços e os furos. São explorados por privados, associações ou por organismos públicos como o Serviço Autónomo de Água e Saneamento (SAAS), cabendo a gestão destes ao INGRH. O volume total da água subterrânea captado [dados do INGRH (2000)], divide-se no que se destina à produção de água para consumo humano e no dedicado ao uso agrícola que está geralmente associado à criação de gado. Não tendo dados para estimar o consumo pecuário, considera-se que todo o volume do sector agrícola será usado na rega (Quadro 4.8).

Quadro 4.8: Volumes diários de água captados para uso agrícola segundo a origem (m³/dia)

Município	Captação total (m ³ /dia)	Captação para produzir água potável (m ³ /dia)	Captação para agricultura (m ³ /dia)
Tarrafal	4559	895	3664
Santa Catarina	14666	1424	13242
Santa Cruz	17293	941	16352
Praia	25301	1261	24040
Santiago	61764	4873	56891

Fonte: Adaptado do INGRH (2000); PAGIRE (2010)

Se fosse adequadamente tratado e reutilizado todo o volume de AR recolhido em ETAR na ilha, comparando esse valor com a disponibilidade de água para a agricultura e a necessidade de água segundo os cenários considerados, conclui-se: a) a ART compensará 7% das necessidades de água no cenário 1 e 3,4% das necessidades no cenário 2 para a ilha de Santiago; b) no município da Praia, a potencial satisfação das necessidades de água para rega com os 1054 m³/dia de ART ali produzidos é mais importante do que ao nível da ilha (cobre 24% das necessidades de água de rega no cenário 1 e 12% no cenário 2 incluindo as áreas de regadio da Praia e da Ribeira Grande); c) os 100 m³/dia ART de Santa Cruz satisfariam 1,4% das necessidades de água para rega do cenário 1 em Santa Cruz e São Lourenço, e não chega a compensar 1% da necessidade do cenário 2; d) a importância dos 37 m³/dia de ART do município de Tarrafal é semelhante à observada em Santa Cruz e São Lourenço, alertando ao facto do volume de ART disponível neste município ser menor, mas a área de regadio é também menor. Como se vê, em qualquer dos casos o potencial da RART é reduzido.

Durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro, época das chuvas, o volume de ART da cidade da Praia e do Tarrafal são suficientes para cobrir toda a procura de água para a rega das culturas de cana-de-açúcar e bananeira destes municípios avaliadas em 122,04 ha para a cidade da Praia e 12,51 ha no Tarrafal. Em Santa Cruz, para este mesmo período, o volume de ART cobre as necessidades de rega de 9,5, 11,8 e 21 ha das duas culturas, esperando que

haja uma óptima calendarização da rega. Para os meses em que as necessidades de água para rega são maiores, a potencialidade da ART de cobrir a procura é obviamente menor.

Pela Figura 4.4 percebe-se que de acordo com os cálculos das necessidades de água relativos a cada cenário, não há falta de água para a agricultura em Santiago, mesmo sabendo que se vive em absoluta escassez de água. Mas para Santa Cruz e São Lourenço dos Órgãos (a maior área agrícola nacional), para qualquer cenário considerado, há défice de água de origens naturais, e consequentemente serão os municípios onde o interesse na RART é maior. Embora tendo usado dados oficiais sobre as captações de águas de origens naturais na ilha, as informações de campo não nos deixam à vontade para concluir que não há falta de água na ilha. Se considerarmos que o desenvolvimento industrial é baixo, que as áreas com aptidão para o regadio na ilha são muito reduzidas (1,1 % da superfície da ilha), e que a importação é uma grande forma de transferência de água para o país em forma de águas virtuais, pode-se aproximar da explicação do porquê, mesmo vivendo em carência de água, há suficiente volume para a rega. Mas deve-se ter em atenção que esta disponibilidade não exclui as águas impróprias para a rega.

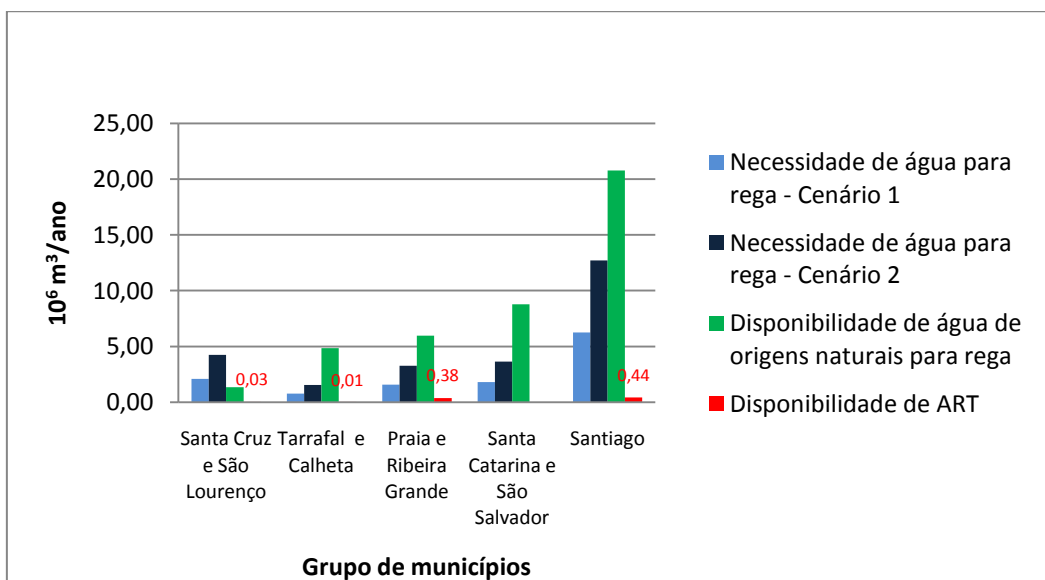


Figura 4.4: Necessidades vs disponibilidade de água para rega (origens naturais e ART)

4.6. Previsão da reutilização das ART em 2020

Segundo as previsões do PAGIRE, o volume de água potável para uso doméstico em 2020 será $30,092 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ e $0,152 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ para a população abastecida por rede pública e por chafariz respectivamente. Considerando a população para o qual foram estimados, resultará num consumo *per capita* de 126 L/hab.dia e 87 L/hab.dia para a população servida pela rede de abastecimento de água no meio urbano e rural respectivamente e 17 L/hab.dia para a população rural abastecida por chafarizes, considerando que neste horizonte, a cobertura da rede de abastecimento será de 100% nas zonas urbanas e 90% nas zonas rurais, zonas estas que segundo as bases de dados de estatísticas oficiais (BDEO), para a mesma data contarão com uma população de 422144 e 200080 habitantes respectivamente (INE, 2008).

O valor da captação assim obtido para as zonas urbanas, a ser alcançado dentro de 10 anos corresponde a 152% do valor médio do consumo actual de água. Este valor parece contudo exagerado se comparado com os valores observados em Israel, país que também sofre de escassez de água e cujo aumento do consumo *per capita* num intervalo de 5 anos foi de 38%, convergindo para um valor correspondente ao consumo das localidades mais ricas (Portnov & Meir, 2008).

Contudo, há razões para que as alterações no nível de vida da população caboverdiana, principalmente na população cujo consumo de água actualmente é menor e a melhoria do grau de cobertura por redes de abastecimento de água no país, justifica um importante aumento na disponibilidade de água para as famílias e o consequente aumento do consumo *per capita*.

Apesar disso, julga-se que as estratégias de gestão, ao nível familiar, dos escassos recursos hídricos distribuídos no país, em grande parte de índole cultural e decorrentes de hábitos cuja mudança não permitirão tal variação num intervalo de tempo de 10 anos. É de notar que de 2002 a 2006 a produção total de água para abastecimento público pela ELECTRA (que distribui a água para metade da população do país) registou um aumento de 14% (PAGIRE, 2010), que não se reflectiu significativamente no consumo *per capita* devido ao acelerado ritmo de crescimento demográfico verificado.

Por outro lado, a captação de água de fontes naturais não conseguirá abastecer, sem conflito com outros sectores, o consumo doméstico actual ou o projectado pelo PAGIRE. Em caso de um grande aumento na procura da água, recorrer-se-ia, inevitavelmente às origens de água alternativas, a dessalinização da água do mar, cuja capacidade instalada para o abastecimento de água de consumo humano, não aumentou significativamente nos últimos 5 anos entre os municípios de Santiago.

O valor do consumo *per capita* de 126 L/hab.dia é semelhante aos valores praticados em países desenvolvidos, com níveis de vida e disponibilidades de água muito superiores ao de Cabo Verde, como o Reino Unido, 144 L/hab.dia, ou a França, 154 L/hab.dia (Lallana *et al.*, 2001). Também Portugal, Grécia, Finlândia, Dinamarca, entre outros apresentam valores de consumo *per capita*, relativos a usos domésticos, similares, que segundo Flörke & Alcamo (2004) posiciona-se entre 40 e 60 m³/hab.ano (109 a 164 L/hab.dia) (Flörke & Alcamo, 2004). Com o desenvolvimento da consciência da necessidade do aumento da eficiência do uso da água, estes valores tendem a baixar.

Com base nestas considerações, aceita-se que o consumo *per capita* será de 90L/hab.dia para as populações urbanas ou rurais abastecidas por rede de abastecimento, e 17L/hab.dia para os que se abastecem em chafarizes. Estes valores traduzem um aumento de 80% junto à população cujo nível de vida tenha melhorado (que abastecem por rede) e de 13% para os que continuarão a ser abastecidos por chafariz.

Relativamente à recolha, tratamento e reutilização das águas residuais, há uma previsão para uma cobertura de 90% da população com rede de drenagem de águas residuais e fossas sépticas nos principais centros urbanos, 80% nos centros urbanos secundários e 50% nas zonas rurais. Dada à dispersão característica das comunidades rurais caboverdianas, a

implementação de rede de drenagem das AR nestas zonas não será certamente uma opção tecnicamente viável, pelo que se considerou que 50% de cobertura pelas formas de evacuação de águas residuais serão proporcionadas por fossas sépticas, pelo que não contribuirão para o volume de água disponível para reutilizar.

O INGRH (2000) prevê que em 2020 serão reutilizados no país 50% das ART produzidas.

Com base nestas considerações apresentam-se no Quadro 4.9 os valores calculados para as disponibilidades de ART nos diversos municípios da ilha de Santiago para 2020. Como se vê pelo Quadro 4.9, em 2020 em Santiago a disponibilidade de ART, será de $2,12 \times 10^6$ m³/ano, volume concentrado principalmente no município da Praia (82,2%). O volume de ART a reutilizar nesta data, na ilha de Santiago será de $1,06 \times 10^6$ m³/ano.

Quadro 4.9: Caracterização da produção das ART e das necessidades de água para a rega no horizonte 2020

Municípios	População servida por rede de drenagem de águas residuais para áreas urbanas (Habitantes) (%)		Volume anual de ART no meio urbano (10 ³ m ³ /ano)	Volume anual de ART a reutilizar 10 ³ m ³ /ano	Necessidade de água para agricultura (10 ³ m ³ /ano)
Tarrafal	2767	43	72,706	36,35	394,20
Santa Catarina	3578	28	94,030	47,01	2336,00
Santa Cruz	3241	33	85,166	42,58	5518,80
Praia	66387	39	1744,662	872,33	3869,00
S. Domingos	1142	43	30,014	15,01	2233,80
Calheta	1774	42	46,633	23,32	1752,00
S. Salvador	633	45	16,624	8,31	*
S. Lourenço	654	39	17,192	8,60	**
Ribeira Grande	577	47	15,163	7,58	***
Santiago	80753	-	$2,12 \times 10^6$	$1,06 \times 10^6$	$16,10 \times 10^6$

De acordo com o PAGIRE (2010), a previsão do volume médio de água para a rega será de 40 m³/ha/dia em 2020, valor a alcançar com base na massificação das tecnologias de cultivo de baixo consumo de água e na sensibilização da população em geral na poupança do recurso. Com este valor, o volume utilizado nas áreas de regadio da ilha de Santiago (1103 ha), será de $16,10 \times 10^6$ m³ (Quadro 4.9), e a ART compensará 7,27% das necessidades de água de rega previstas no caso da reutilização atingir os 50%. O volume de ART disponível em 2020 será assim 5 vezes superior ao volume actual, e o volume a ser reutilizado 50 vezes superior ao volume reutilizado actualmente em Santiago. A cidade da Praia continua sendo a principal origem de ART, mesmo com uma ligeira redução na sua importância ao nível da ilha (de 88,5% em 2010 para 82,2% em 2020).

A disponibilidade de ART para este horizonte cobriria hoje, 34% de necessidades de água para rega calculados para o cenário1 e 17% destas necessidades para o cenário2.

Em Santa Cruz e São Lourenço continuarão a verificar-se maiores necessidades de água de rega, principalmente por disporem de maior área de regadio (que se considerou inalterável na

projecção para 2020), mesmo admitindo que este facto possa não corresponder totalmente à verdade pois o crescimento demográfico, o desenvolvimento industrial entre outros factores tenderão reduzir a disponibilidade de terreno para a agricultura. O grupo de municípios, Praia e Ribeira Grande, com consumos agrícolas baixos, concentram a maior parte do volume de ART produzidos, contrariamente a Santa Cruz e São Lourenço (Figura 4.5).

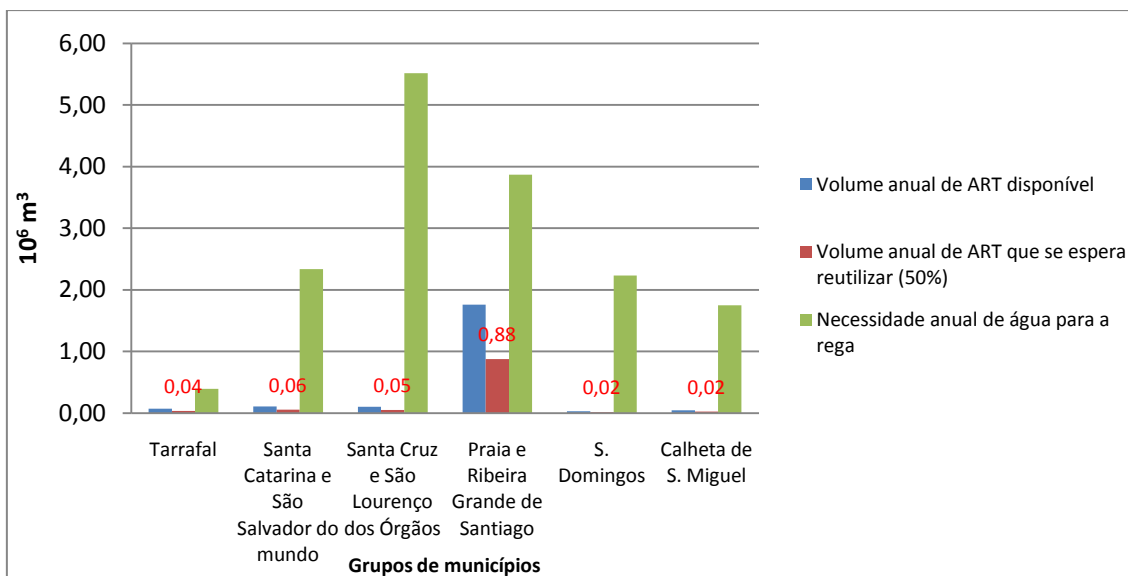


Figura 4.5: Volumes de ART disponíveis reutilizados e necessidades de água para rega esperados para Santiago em 2020

5. O tratamento e a reutilização das ART em Santa Cruz – Caso de estudo

5.1. Descrição geral da área de estudo



Figura 5.1: Fotografia aérea do litoral – centro da cidade de Santa Cruz

Fonte: (CMSC, 2006)

A área de estudo localiza-se próximo do litoral, em Santa Cruz, um dos municípios da ilha de Santiago. Compreende a área urbana do município, o centro da cidade de Pedra Badejo e suas zonas envolventes (Achada Fátima, Porto Acima, Porto Abaixo, Cutelinho, Bela Vista, Tchetchenia, Ponta Achada, Salina, Rocha Lama, Achada Igreja, Passadeira, Covada).

O sector agrícola associado à pecuária e a pesca artesanal são as principais actividades empregadoras no município, representando o meio de subsistência de muitas famílias. A indústria agrícola, em especial a produção de aguardente, e a construção civil são as mais importantes no município.

5.2. Clima

O município situa-se no estrato climático árido com uma precipitação média anual de 247,4 mm, média referente a 20 anos de dados, razão pela qual encontram-se praticamente desprovido de cobertura vegetal, com excepção das áreas reflorestadas com *Prosopis juliflora*, ou áreas agrícolas.

Segundo dados do INMG recolhidos entre os anos 1981 a 2001 na estação de Chão Bom, localidade mais próxima do município e pertencente ao mesmo estrato climático, a temperatura média que se faz sentir em Santa Cruz é de 24,9 °C, sendo o período mais quente do ano os meses de Agosto a Novembro onde se observaram temperaturas máximas próximas dos 28°C.

A insolação média é de 6,5 horas, e o valor máximo registado é de 10,8 horas ocorrido no mês de Agosto. O vento a dois metros do solo sopra a uma velocidade média de 3,2m/s.

5.3. População

Santa Cruz conta com uma população de 26617 habitantes, residentes principalmente em meio rural (72,2%). De 2000 a 2010 a sua população cresceu 0,5% ao ano.

As localidades com maior densidade populacional são Pedra Badejo, Achada Fazenda e Achada Ponta, respectivamente com 70%, 27% e 2% da população. Segundo o Plano Director Municipal (PDM), a projecção da população para 2020 é de 33981 habitantes. O tamanho médio do agregado familiar é 4,7 pessoas.

A camada mais jovem (< 35 anos), a mais importante em termos de produção de AR, constitui 20,2% da população de Santa Cruz. A idade média no município é de 47,7 anos.

5.4. Saneamento básico

A entidade pública responsável pelo saneamento do município é o Serviço Autónomo de Água e Saneamento (SAAS) que trabalha sob coordenação financeira da Câmara Municipal de Santa Cruz. O SAAS é responsável pela produção da água, monitorização das origens, distribuição, manutenção e segurança da rede e pela recolha e tratamento das águas residuais municipais.

5.4.1. Abastecimento de água

Em Santa Cruz, como em todo o país, as origens de água para produção de água para o consumo humano, são as águas subterrâneas [captadas através de 2 furos (FT-59 e PT-33)], e a água do mar dessalinizada (captação por 2 furos a poucos metros da costa).

A unidade de dessalinização entrou em funcionamento em 2007, com uma capacidade nominal de 500 m³ diários, sendo a água dessalinizada por osmose inversa levado a cabo por 6 andares de módulos tubulares, com um fluxo de permeado que chega a atingir 22 m³/hora através da totalidade da sua área de membrada instalada, a uma pressão de 50 bar, com um índice de recuperação de cerca de 35%, e sem recuperação energética

Em média, são produzidos e distribuídos diariamente 922 m³ de água, sendo a principal origem é a água subterrânea (72%). O PAGIRE (2010) assume que quando a água é distribuída ao domicílio, o consumo médio diário é de aproximadamente 50 L/hab.dia, e quando o meio de acesso é através de fontanários, poços ou nascentes, o consumo varia entre 7 a 25 L/hab.dia, uma média de 15 L/hab.dia.

Segundo o questionário unificado de indicadores básicos de bem-estar de 2007 (QUIBB 2007), 89,4% das famílias santa-cruzenses têm acesso à água potável. Sendo que 69,9% abastecem através da rede pública de abastecimento domiciliário, 10,2% em chafarizes, 4,3% em autotanques e 5% através da casa do vizinho. Dados mais recentes do (Censo 2010) apontam para uma descida da taxa de cobertura da rede abastecimento para 62,6%. Os registos do SAAS indicam a ligação de 4.894 habitações à rede de abastecimento, número que representa 80% das habitações do município.

O inquérito feito à população durante este trabalho, com um universo de 63 famílias, mostra que 91% dos inquiridos são servidos pela rede de abastecimento de água. No que se refere aos consumos, 63% das famílias têm um consumo mensal igual ou inferior a 6 m³, 28% consomem entre 6 a 10 m³ e 7% consomem mais de 10 m³ (valores estes calculados com base nas escalões de mensalidade pagos ao SAAS e de acordo com a metodologia definida em 3.2.7).

O inquérito realizado neste estudo, revelou que a maioria da população inquerida (61%) encontra-se insatisfeita com o abastecimento de água. Na base da insatisfação foram apontadas a irregularidade da distribuição, o curto intervalo de tempo diário em que existe caudal e o alto preço da água como os principais motivos, o que interfere como factor limitante à quantidade de água utilizada. É de realçar que a distribuição de água no município não é contínua e que embora as horas de água para cada localidade comecem a ser superiores à

média nacional para as zonas urbanas, o número de horas de água fica entre 4 a 6 horas, e nalguns casos não há água durante todo o dia, o que favorece a entrada de ar e impurezas nas condutas.

A maioria dos inquiridos (93%) recolhe a água da rede para as vasilhas de plástico ou para bidões com capacidades entre 20 a 200 litros, consumindo a partir destes. Só 7% afirmam consumir directamente da rede. Apesar de constituir uma segurança ao consumo, esta prática adiciona mais um risco à qualidade da água consumida, pois esta contacta com mais um recipiente que pelas suas condições higiénicas e de manuseamento podem contaminar a água. A gestão da reserva domiciliar da água e a incerteza associada à ocorrência da distribuição, reduzem de forma considerável o volume de água consumido.

Segundo os boletins do SAAS a qualidade de água para consumo apresenta características de qualidade de acordo com os padrões nacionais e da OMS para qualidade de água de consumo humano, embora esporadicamente a esta qualidade seja posta em causa devido a contaminações microbiológicas.

O Anexo IX apresenta os valores dos parametros microbiológicos, químicos e fisico-químico constantes dos boletins de análise da qualidade de água para consumo humano no município objecto de estudo.

5.4.2.Drenagem de águas residuais

Os consumos nas casas de banho e na lavagem da roupa foram considerados pelos inquiridos como os mais importantes. Cerca de 15% dos inquiridos possuem máquinas de lavar roupa (a maioria lava à mão e deita fora a água das lavagens directamente no solo).

Este valor obtido é cerca de 20 vezes superior ao apresentado pelo QUIBB 2007 (0,7%), não só por ser mais actual mas também por ser representativa unicamente da região centro da cidade onde o nível da qualidade de vida é maior. Aliás o Censo 2010 alerta que, dos alojamentos ligados à rede de esgotos ou com fossas sépticas, cerca de 65% não usam estes sistemas para descarregar as águas residuais das lavandarias, das cozinhas ou da lavagem do pavimento. Isto faz supor que o efluente recolhido na rede seja relativamente mais concentrado.

Em cada 100 habitantes, 27 têm casa de banho com sanita, 6 têm casa de banho sem sanita, 66% não têm casa de banho. A cobertura da rede de drenagem de águas residuais alcança 8% dos alojamentos a nível do município, sendo a fossa séptica, com uma cobertura de 30%, a mais importante forma de descarga de águas residuais em todo o município.

Na área do estudo 65% das famílias têm uma casa de banho, e destes, 65% estão ligados à rede de drenagem de águas residuais. À data da conclusão do trabalho de campo, mais de 900 residências já se encontravam ligadas à rede de drenagem de águas residuais, permitindo que 31% da população da zona centro (13572 habitantes), tenha acesso à rede pública de esgotos para descarregar seus resíduos líquidos.

A cidade apresenta algumas características rurais, entre as quais, a criação de animais junto às habitações, nos terraços ou nos arredores das casa, o que tem manifestado impacte na produção dos resíduos. Da população inquerida, 49% faz a criação de suínos nestas condições, embora somente 8% confirmou a deposição dos dejectos destes animais na rede

de drenagem de águas residuais, prática que conduz ao aumento da carga poluente das águas residuais aduzidas à ETAR.

5.5. Descrição do sistema de recolha e tratamento de Águas Residuais de Santa Cruz

O sistema de recolha e tratamento das águas residuais domésticas do município de Santa Cruz entrou em funcionamento em 2009.

A descentralização já se faz notar no projecto de saneamento existente no município, já que este cobre as localidades de Achada Igreja, Achada Fazenda e arredores por meio de um pequeno sistema independente de recolha e tratamento dos seus efluentes domésticos constituído por fossas sépticas comuns.

O objecto de estudo deste trabalho é o sistema principal que cobre a zona urbana do município, o único cujo tratamento da AR se destina à reutilização na rega. A ETAR que cobre esta área está próxima à costa ocupando aproximadamente 6050 m² (60% ocupada com construção), situando-se entre duas bacias hidrográficas cujas águas desaguam em Santa Cruz: da Ribeira Seca e da Ribeira dos Picos.

Cerca de 900 habitações, compreendendo residências familiares e as sedes de pequenos negócios, encontram-se ligadas à rede de drenagem das águas residuais. Este número corresponde a 31% das habitações da cidade e tendo em conta o tamanho médio das famílias de Santa Cruz, a 4230 habitantes.

5.5.1. Rede de drenagem de águas residuais municipais

A rede de drenagem de águas residuais doméstica é separativa. Ao longo da rede encontram-se duas estações elevatórias em sequência, ambas com capacidade para armazenar 18 m³ de AR, dotados de câmara de entrada com capacidade para armazenagem de aproximadamente 6 m³ e de dois poços em fibra de vidro (comunicantes) com grelha à entrada (malha de 5 cm), equipados com um sistema de bombagem automáticos (duas bombas, uma em cada poço, comandadas por flutuadores).

5.5.2. Volume de águas residuais afluído à ETAR

O volume de águas residuais diariamente afluído à ETAR varia entre 22 e 202 m³/dia, com um valor médio de 100,13 m³/dia (Quadro 5.1).

Quadro 5.1: Volume diário de águas residuais municipais conduzidos à ETAR

Volume diário de água AR (m ³ /dia)					
Número de registos	Média	Moda	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
86	100,13	103,50	29,98	21,75	201,75

O período das 6:45 horas da manhã às 18:00 horas da tarde é o de maior afluência de caudal à ETAR, com um pico entre as 8:00 e as 9:00 horas (Figura 5.2). Pela diferença entre os registos anotados às 18:00 horas da tarde e as 7:00 horas da manhã do dia seguinte verificou-se que o volume de efluente gerado à noite na cidade é muito baixo, chegando a não ocorrer nenhuma bombagem neste período. O caudal de ponta horário registado foi de 18,67 m³/h.

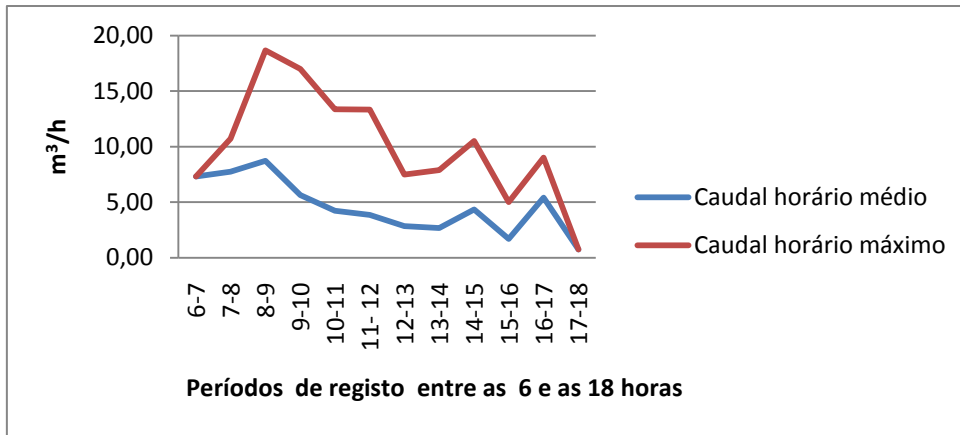


Figura 5.2:Variação do caudal horário afluente à ETAR ao longo do dia

5.5.3.O tratamento da água residual – ETAR de Santa Cruz

A ETAR foi dimensionada para um caudal máximo de 111 m³/h. Actualmente trata um caudal de 1363 habitantes equivalentes (HE) calculado na base do CBO₅ (60 g/hab). A tecnologia de tratamento não engloba nenhuma fonte energética ou química externa ao tratamento da água residual. Os processos que ocorrem são de ordem natural como a decantação – processo físico alimentado pela força gravítica, a digestão anaeróbia – processo microbiológico, a filtração – processo físico alimentado pela força gravítica.

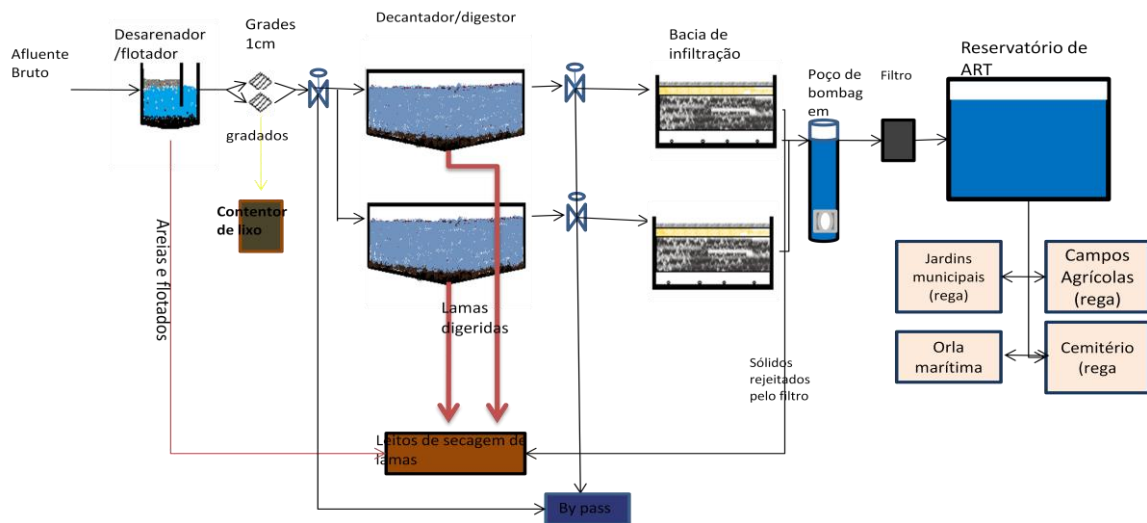


Figura 5.3:Diagrama do funcionamento da ETAR

Obra de entrada:

A obra de entrada é constituída por um desarenador/flotador e duas grades mecânicas (1cm) instaladas num canal de 0,5m de largura e com declive de 2%. A areia é retida na caixa de areia e os flotados instalam-se na parte superior da caixa

A remoção das areias e dos flotados é feita por sucção, levada a cabo por autotanques. É geralmente feita com uma frequência quinzenal com a remoção de um volume de 2 m³ aproximadamente, o que corresponde a uma média diária de 0,133 m³ diários.

O projecto prevê até 0,5 m³/dia de resíduos removidos na obra de entrada, incluindo os gradados, que deverão ser recuperados manualmente para um contentor e secos ao sol. Após a remoção das areias e dos flotados, o caudal é dividido em duas partes que seguem através

dos dois canais, passando pelas grades, seguindo para o decantador/digestor. O volume diário de gradados é aproximadamente $0,02 \text{ m}^3$, realçando que o caudal passa por uma gradagem prévia nas estações elevatórias.

O decantador/digestor anaeróbico

Esta estrutura é responsável pelo tratamento da água residual, promovendo a separação gravítica dos sólidos suspensos e a digestão anaeróbica da sua fracção biodegradável. É constituída por duas unidades paralelas construídas em betão armado, independentes que funcionam em simultâneo. São hermeticamente fechadas, e no conjunto têm uma capacidade para 3584 m^3 , com 3,5 a 4 m de profundidade. Seu volume útil é de 3113 m^3 e sua área superficial é de 94 m^2 . A sua base é cónica se assemelhando à um tanque Imhoff. A sua biomassa é fixa, pois não possui nenhum mecanismo de agitação. A entrada do afluente e a sua saída ocorrem ao nível da superfície livre da água, e localizam-se à mesma cota, permitindo a saída dos materiais flotáveis do decantador em conjunto com o afluente. O tempo de retenção hidráulico (TRH) médio nesta estrutura é de 30 dias (Figura 5.4). O tempo de residência dos sólidos (TRS) é de 180 dias, com remoções das lamas, por descarga de fundo, no final do período seco e outra 6 meses depois.

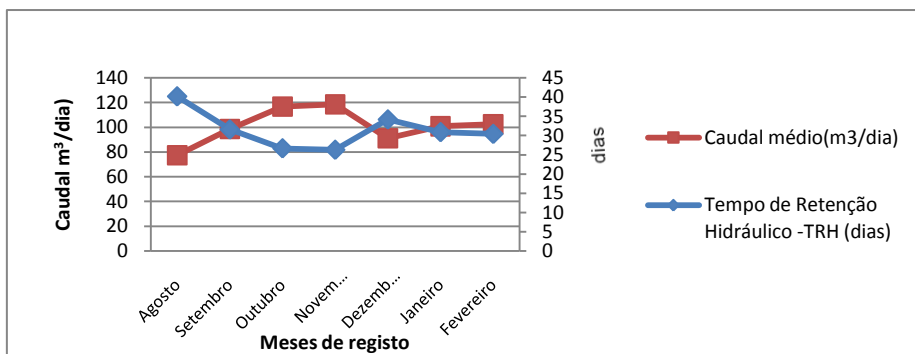


Figura 5.4: TRH no decantador/digestor ao longo do período de estudo

A bacia de infiltração

O efluente da decantação/digestão segue para uma filtração através de um maciço filtrante constituído por materiais vulcânicos de granulometria entre 0 a 100 mm. A estrutura de filtração consiste em duas bacias de infiltração construídos em betão armado, funcionando em simultâneo de forma independente, com a superfície em contacto com a atmosfera. Ao longo da sua largura possui um canal de distribuição da água para os tubos perfurados na base, que promovem a sua entrada na bacia. Estes estendem-se ao longo do comprimento da bacia, com um intervalo de 3 metros entre eles.

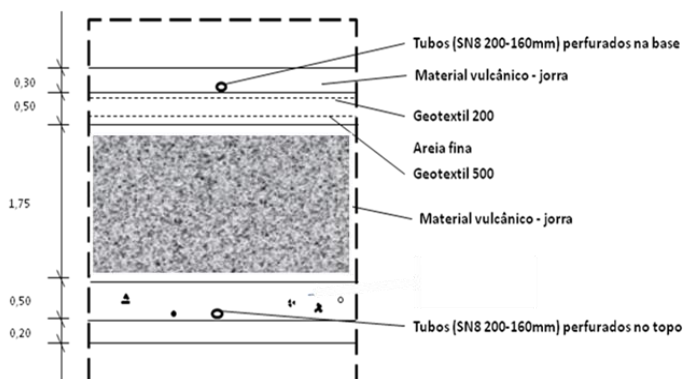


Figura 5.5: A bacia de infiltração e a estrutura do meio filtrante

O meio filtrante tem a espessura de aproximadamente 3 m, e uma área de filtração de 2360 m² estruturado da forma como mostra a Figura 5.5 e separa o tubo de distribuição dos tubos de captação do efluente filtrado perfurados no topo, instalados no fundo da bacia de infiltração. A estrutura foi projectada para suportar uma carga hidráulica média de 0,2 m/dia. Tem uma área superficial de 2360 m², e uma profundidade de 4,12 m.

A água recuperada é conduzida ao poço de bombagem onde é elevada ao reservatório de armazenamento.

A filtração por filtro mecânico e o armazenamento

Na perspectiva de remover ao máximo a quantidade de sólidos suspensos presentes na água residual, e para finalizar o seu tratamento, processa-se uma filtração mecânica antes de ser armazenada. O reservatório de armazenamento foi construído em betão armado, com uma capacidade de 500 m³. É totalmente coberto não permitindo a entrada da luz. Está equipado com um sistema bombas de níveis que promovem a descarga da água para o meio receptor natural quando este estiver cheio, e uma bomba que promove a distribuição das ART para os usuários.

Leitos de secagem das lamas

A remoção das lamas é feita por descarga de fundo do decantador/digestor. O volume recolhido é elevado para os leitos de secagem de lama ao ar livre. Esta operação ocorre 2 vezes ao ano no fim da estação seca e 6 meses depois. Não está estipulado o volume a ser removido por cada descarga. Os leitos de secagem foram construídos em blocos de betão armado e com as dimensões 32x10 m. São 5 unidades iguais paralelas e independentes. A sua base é preenchida com escórias vulcânicas (jorra), permitindo a infiltração do percentual de água das lamas.

5.6. Produção de águas residuais tratadas

O sistema de tratamento funciona em contínuo, a partir da chegada do efluente à ETAR. A entrada do afluente na obra de entrada é feita de forma descontínua, com chegadas de água com intervalo médio de aproximadamente 1:00 hora, durante o dia. Exceptuando os dias de operação no sistema, os dias de descarga de lamas, e a pequena quantidade de água perdida por evaporação, o caudal de ART é muito próximo ao caudal do afluente, diariamente se produz em média 100 m³ de ART. Foi confirmado, através dos registos das horas de bombagens tendo em consideração o caudal das bombas, que existe uma grande proximidade entre os caudais do afluente e do efluente final.

5.7. Caracterização físico-química e microbiológica do afluente e dos efluentes da ETAR

5.7.1. Pontos de amostragem

Foram amostrados e analisados os parâmetros microbiológicos, físico-químicos e químicos, o afluente da ETAR – água residual bruta – recolhida à entrada da ETAR; o efluente pré-tratado recolhido após as operações de desarenação, flotação e gradagem, o efluente da decantação/digestão, recolhido à entrada da bacia de infiltração após a decantação/digestão anaeróbica, o efluente filtrado, recolhido à entrada do poço de bombagem após a passagem pela bacia de infiltração e o efluente final, recolhido na torneira que distribui água do reservatório de ART.

5.7.2. Resultados e discussão dos resultados das análises do afluente e dos efluentes da ETAR de Santa Cruz

Os resultados das análises de qualidade do afluente e dos efluentes da ETAR de Santa Cruz serão apresentados, e discutidos com base na sua adequação para uso na agricultura, usando os valores padrões das normas da OMS e da EPA como termo de comparação, sobre o ponto de vista da qualidade sanitária, agronómica e de protecção ambiental.

Será feita uma análise dos valores ao longo do período do estudo da qualidade e uma análise entre os tipos de efluente, que permitirá a avaliação da eficiência de cada operação unitária de tratamento. Na monitorização, o intervalo entre as amostragens foi geralmente de 7 dias para os parâmetros microbiológicos e 15 dias para os parâmetros físico-químicos.

5.7.2.1. Aspectos estatísticos associados às análises laboratoriais

O número de amostragens realizadas segundo o tipo de água residual analisado não foram constantes devido a falta de condições adequadas para amostragem segundo os protocolos das análises na altura programada para a recolha das amostras e/ou falta de equipamentos laboratoriais para a realização das análises entre outros factores.

Nem todos os parâmetros analisados foram avaliados em todos os efluentes por não se entender importante a sua determinação para os respectivos efluentes, como o caso da determinação dos parâmetros microbiológicos para o afluente bruto e o efluente pré-tratado, que foram dispensados a partir da segunda amostragem, pois a metodologia não conseguiria detectar diferenciação entre os resultados das análises, que para valores superiores a 300 UFC/ml o resultado é “incontável”.

Parâmetros físico-químicos como o pH a CE e o SDT medidos por electrometria, e os sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis (STV) e sólidos suspensos totais (SST) por gravimetria, foram os mais analisados pelo mesmo método em ambos os laboratórios. O afluente bruto foi o menos amostrado.

Foram utilizadas métodos diferentes em cada laboratório na determinação do CQO, nitratos, azoto amoniacal, cálcio e magnésio. Os resultados obtidos serão discutidos separadamente segundo a metodologia de análise utilizada.

O número de amostragens válidas (N), os valores médios, mínimos, máximos e desvios padrão relativos aos parâmetros físico-químicos e químicos analisados no afluente e nos efluentes da ETAR estão apresentados nos Quadros XIV.1 a 6 do Anexo XIV.

5.7.2.2. Qualidades microbiológicas – coliformes totais e coliformes fecais

Foram incontáveis as colónias formadas dos microrganismos dos grupos dos Coliformes fecais e totais presentes nas águas residuais brutas e pré-tratadas (ultrapassou o limite de contagem da técnica). A passagem pela bacia de infiltração, remove do efluente digerido 3 e 2 unidades logarítmicas de coliformes totais e Coliformes fecais respectivamente (Quadro5.2).

Quadro 5.2: Coliformes totais e fecais nos efluentes na sequência do tratamento

Amostra	Coliformes totais			Coliformes fecais		
	Intervalo de valores (UFC/100ml)	Valor mais frequente (UFC/100ml)	Redução pelo tratamento (unidade log)	Intervalo de valores (UFC/100ml)	Valor mais frequente (UFC/100ml)	Redução pelo tratamento (unidade log)
Efluente da decantação/digestão	$10^3 - 10^5$	10^5		$10^2 - 10^5$	10^4	
Efluente da Bacia de Infiltração	$10^2 - 10^3$	10^3	3,2	$0 - 10^2$	0	2,0
Efluente Final	$0 - 10^4$	10^2	-1,0	$0 - 10^3$	0	-0,3

Ocorre uma proliferação de microrganismos a nível do reservatório, representado pela redução negativa das unidades de coliformes totais e fecais no efluente final, passível de ser causada, pela colmatação do filtro de mangas instalado a nível do reservatório com eventual desenvolvimento de microrganismos, e/ou por favorecimento de crescimento pelas condições de armazenamento no reservatório. Esta situação pode ser melhorada com a implementação de um plano de limpeza do filtro com maior frequência.

Do ponto de vista sanitário, o uso de produtos regados com esta água não causa risco à saúde humana. Apresenta qualidade microbiológica susceptível de regar culturas de consumo cru.

No Anexo XIII encontram-se discriminadas os valores dos coliformes totais e fecais observados em cada amostragem segundo o tipo de efluente.

5.7.2.3. Qualidade físico-química e química

Temperatura, a condutividade eléctrica (CE), sólidos dissolvidos totais (SDT), pH e turbidez

A temperatura pouco varia ao longo do tratamento, mantendo os seus valores sempre próximos para todos os tipos de efluente, e à volta de 31,33°C com um desvio padrão de 1,64°C ao longo do tempo de estudo.

A condutividade do efluente final é de 2,7 dS/m com um desvio padrão médio de 0,34 dS/m. Consegue-se perceber que ocorre uma redução pouco significativa do seu valor com o tratamento. Foi significativa a variação ocorrida ao longo do período da amostragem, principalmente para o efluente final (significância: $p < 0,01$) que apresenta uma tendência crescente (figura 5.6).

Sob o ponto de vista agrónomico, com uma condutividade eléctrica média de 2,7 dS/m, a ART é classificada como sendo de salinidade média sendo adequada à rega de todas as culturas moderadamente tolerantes às mais tolerantes.

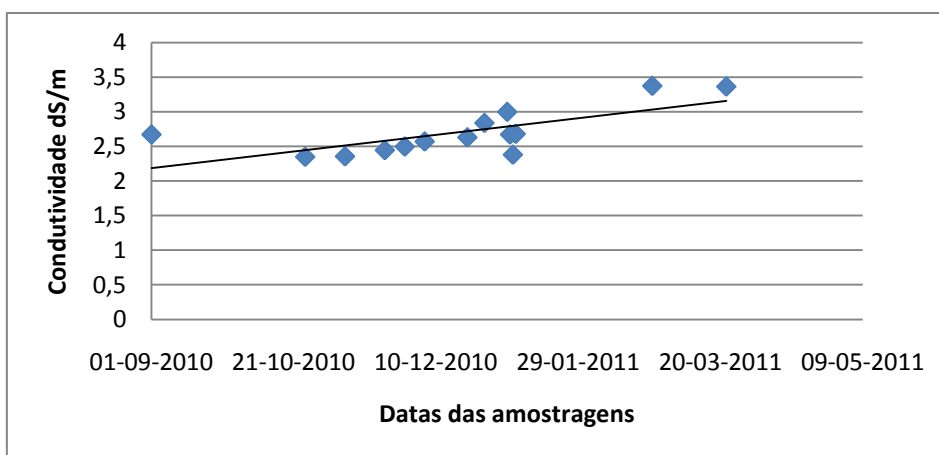


Figura 5.6: Variação da Condutividade eléctrica da ART ao longo do período de monitorização do efluente tratado

Obtiveram-se significativas diferenças entre os resultados da análise dos SDT por electrometria e por gravimetria, principalmente nas amostras do efluente da filtração e do efluente final, em que os resultados obtidos por gravimetria não mostraram nenhuma linearidade entre os valores dos SDT e da CE, como se esperava segundo Metcalf & Eddy (1991). Por isso decidiu-se tomar como valores dos TDS, os resultados obtidos na análise por electrometria onde se percebe maior linearidade entre as duas variáveis.

Segundo estes dados, o teor dos SDT reduziu, com o tratamento, de 1872 mg/L na água residual bruta para 1333 mg/L no efluente final como mostra o Quadro 5.3.

Segundo a tabela de classificação das águas residuais domésticas apresentadas por Levy (2011), o efluente doméstico de Santa Cruz é fortemente concentrado, apresentando o dobro da concentração dos SDT característicos dos efluentes fortemente carregados da lista (o valor listado é 860 mg/L de SDT).

A baixa diluição do efluente resultante do reduzido consumo *per capita* de água, avaliado em torno dos 50 L/hab.dia para a população com acesso à rede de drenagem de águas residuais, é um dos factores que explica tal facto. Poucas pessoas possuem máquinas de lavar na cidade de Pedra Badejo, e o INE assume que 75% da população nacional com acesso à rede de esgotos e/ou fossa séptica, não descarregam a água das lavagens, das cozinha e/ou das lavagens do pavimento nestas formas de evacuação de águas residuais, contribuindo assim para um efluente mais concentrado.

Os valores do pH do afluente e dos efluentes analisados encontram-se entre 6 a 8 (Quadro 5.3). Percebe-se que ocorre um aumento do seu valor na passagem pelo decantador digestor, devido aos processos metabólicos associados à digestão anaeróbica, neste caso a etapa da metanogénese que consome os ácidos gordos voláteis produzidos na etapa de acidogénese. O valor do pH volta a baixar na passagem pela bacia de infiltração. Pela análise da Figura 5.7 percebe-se que ao longo da sequência dos tratamentos o pH varia significativamente ($p < 0,05$). Segundo a norma da OMS para a qualidade de água para rega, a gama de valores do pH apresentada pelo efluente final $7,30 \pm 0,26$ está dentro dos padrões de qualidade de água para rega, e não mostrou variações significativas ao longo do tempo de estudo.

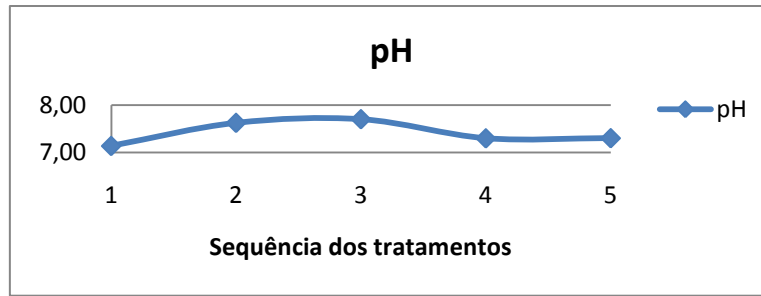


Figura 5.7: Variação do pH na sequência dos tratamentos

A turbidez média do efluente final é de 6 UNT, encontrando-se dentro da gama dos valores recomendados para a reutilização pela EPA (>0,1 a 30 UNT).

Este parâmetro foi utilizado para avaliar a eficiência da bacia de infiltração na depuração do efluente da operação unitária subsequente. Em algumas amostragens realizadas, a turbidez do efluente da decantação/digestão ao passar por um filtro de porosidade igual a 0,45µm (simulando o filtro de areia), foi inferior ao valor do efluente efectivamente filtrado na bacia de infiltração. É de realçar que nestes casos a amostragem coincidiu com o período de tempo em que foi frequente o uso da bacia de infiltração como reservatório de água residual em tratamento, não permitindo o fluxo da água filtrada para o poço de bombagem. Quando a procura de ART aumentou, e normalizou-se o fluxo de água, a turbidez real passou a ser ligeiramente inferior à previsão pela filtração no laboratório, como ilustra a Figura 5.8. Estes resultados mostram uma grande eficácia e homogeneidade do meio filtrante que preenche a bacia de infiltração.

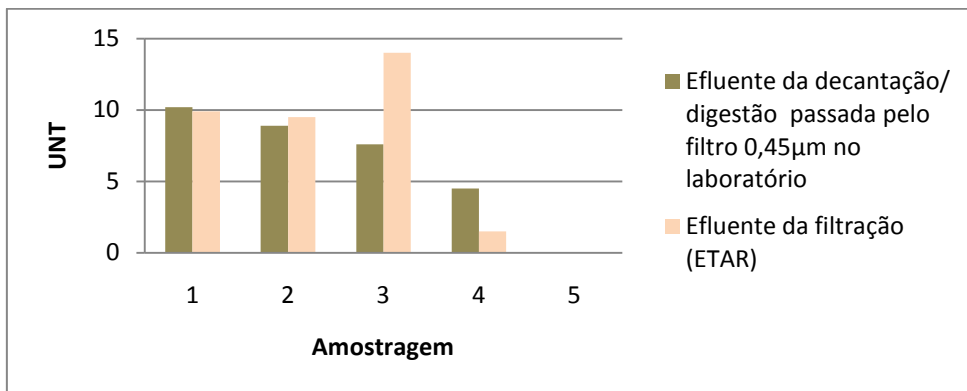


Figura 5.8: Turbidez prevista e turbidez real do efluente filtrado

Quadro 5.3: Valores da temperatura, CE, SDT, pH e turbidez na sequência do tratamento

Amostra	Temperatura (°C)	CE (dS/m)	SDT (mg/L)	pH (Escala de Sorenson)	Turbidez (UNT)
Águas residuais Brutas	—	4,04	1872	7,14	447
Efluente pré-tratado	31,13	3,51	1730	7,63	394,17
Efluente da decantação/digestão	31,38	3,47	1711,45	7,7	178,4
Efluente da filtração	30,79	2,8	1380,67	7,3	6,63
Efluente final	32,03	2,7	1333,64	7,3	6,04

Sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis (STV), sólidos suspensos totais (SST) e sólidos suspensos totais voláteis (SSTV)

A água residual bruta apresenta uma concentração média de 2165 mg/L de ST, que baixa para 65% deste valor na passagem pelo decantador/digestor. Cerca de 40% destes sólidos são voláteis (STV = 871 mg/L), dos quais 50% decantam-se e/ou são digeridos na fase de decantação/digestão anaeróbia. Os resultados demonstram que houve um acréscimo nos valores dos ST e dos STV durante as operações unitárias de pré-tratamento, significando que os sólidos acumulados no florador foram arrastados para as fases seguintes, facto este que está associado à inadequada operação da estrutura de pré-tratamento (falta de limpeza).

Os resultados mostram que após a passagem pela bacia de infiltração ocorreram aumentos significativos nos valores destes parâmetros. Os ST aumentaram de 1416 mg/L à saída do decantador, para 2096 mg/L na saída da bacia de infiltração, valor este que não difere significativamente do valor registado no efluente final de 2101 mg/L (Quadro 5.4). Da mesma forma os STV aumentaram de 644 mg/L à saída do decantador/digestor para 1184 mg/L na saída da bacia de infiltração (Quadro 5.4), valores que sugerem a ocorrência de um incremento na concentração destes sólidos pelo processo de filtração/percolação na bacia de infiltração.

É de realçar que o fenómeno da auto-concentração promovido pela evaporação da água em tratamento não explica tal facto pois, embora estando a superfície de infiltração exposta ao sol, a forma de distribuição de água pela superfície da bacia de infiltração não favorece este processo, sendo insignificativos os volumes de água evaporados.

Ocorre ainda a possibilidade de explicar o aumento dos valores destes parâmetros aceitando a ocorrência de arraste de sólidos pela água na percolação/filtração no meio filtrante que poderá estar colmatado. Mas, o valor de outros parâmetros analisados como o teor dos SST, CBO₅ e CQO, seguidamente apresentados e discutidos, refutam esta hipótese. Em todas as amostragens realizadas, os resultados conduziram à mesma interpretação.

A água residual bruta do município, apresenta 771 mg/L de SST, destes 76% são voláteis, e o efluente final alcança, com uma depuração de 99%, um teor de 6,14 mg/L de SST.

Diferente do comportamento dos ST e dos STV, os SST e os SSTV apresentam um contínuo decréscimo ao longo da sequência dos tratamentos. A digestão anaeróbia e os tratamentos subsequentes removem 79% dos SST e 78% dos SSTV, deixando a cargo da filtração uma concentração de 165,16 mg/L de SST e 128,33 mg/L de SSTV (Quadro 5.4). A remoção destes sólidos por esta estrutura é praticamente completa (Figura 5.9).

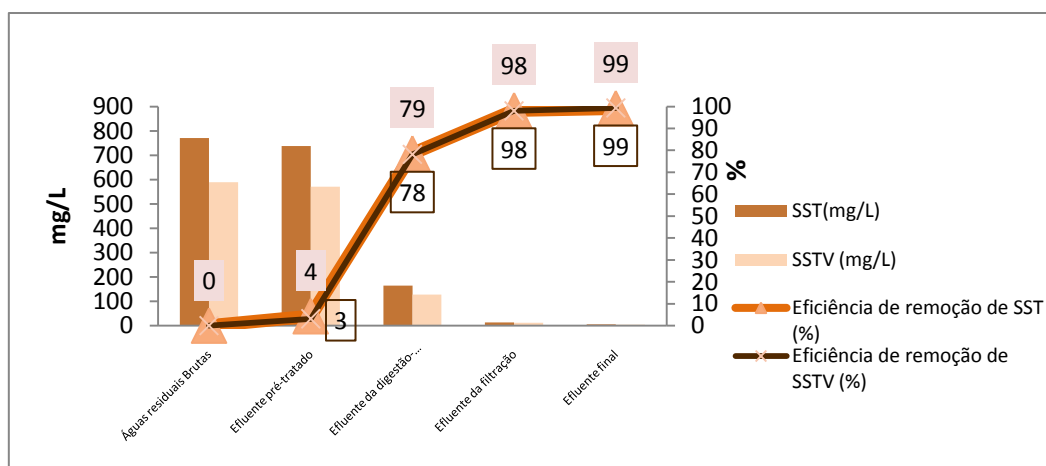


Figura 5.9: SST e SSTV no afluente e nos efluentes e suas eficiências de remoção pela estrutura de tratamento

Na rega, com este teor de SST (4 mg/L) o efluente final pode ser utilizado sem prejuízo de obstrução dos gotejadores em rega gota-a-gota, ou promover desenvolvimento microbiano (norma para uso na rega: SST = 30 mg/L). Os efeitos de colmatção da camada superficial do solo também não são susceptíveis de ocorrerem com o uso da água com esta qualidade em termos de SST. Também não são susceptíveis de ocorrerem reduções significativas na eficiência dos procesos de desinfecção desta água devido aos SST caso venha a ser implementado uma operação de desinfecção.

Quadro 5.4: Teor dos ST, STV, SST e SSTV na sequência do tratamento

Amostra	ST (mg/L)	STV (mg/L)	SST (mg/L)	SSTV (mg/L)
Águas residuais Brutas	2165,56	871,11	771,11	588,89
Efluente pré-tratado	2240,12	1275,75	738,15	570,37
Efluente da decantação/digestão	1416,73	644,45	165,16	128,33
Efluente da filtração	2096,11	1183,61	13,30	11,50
Efluente final	2101,80	1341,02	6,14	4,00

Carência química de oxigénio (CQO) e a carência bioquímica de oxigénio (CBO₅)

À entrada da ETAR, o afluente apresenta uma concentração média de 1334 mg/L de CQO, 816 mg/L de CBO₅ e uma razão de biodegradabilidade de 0,61 (Quadro 5.5).

A decantação/digestão em conjunto com as operações subsequentes, oferecem uma eficiência de 79% na remoção do CQO, e 87% do CBO₅. A filtração aumenta a eficiência total para 92% do CQO e aproximadamente 100% do CBO₅. Os resultados mostram que o pré-tratamento não contribui para a remoção do CQO.

Embora elevada á categoria de cidade, são vários os hábitos rurais que ainda perduram na comunidade de Santa Cruz. A criação de animais no meio urbano, e a condução dos seus excrementos para a rede de drenagem de AR pode ser uma das causas da forte concentração do efluente, com excessiva concentração dos CQO e CBO₅ comparado com as características médias dos efluentes domésticos.

Para uso na rega o efluente final da ETAR possui qualidade adequada relativamente a estes parâmetros, pois, quando se aconselha 20 a 90 e 10 a 15 mg/L de CQO e CBO₅

respectivamente para a reutilização, este efluente encaixa-se perfeitamente com 21,13 mg/L de CQO e 1,73 mg/L de CBO₅, sendo que o CQO não apresentou variações significativas ao longo do período de estudo.

Quadro 5.5: Teor do CQO e CBO ₅ na sequência do tratamento		
Amostra	CQO (mgO ₂ /L)	CBO ₅ (mgO ₂ /L)
Águas residuais Brutas	1339,93	816,67
Efluente pré-tratado	1469,06	774,50
Efluente da decantação/digestão	307,58	102,28
Efluente da filtração	39,40	1,23
Efluente final	21,13	1,73

A Figura 5.10 ilustra o comportamento destes dois parâmetros ao longo do processo de tratamento. Seus valores são reduzidos de forma significativa. Quanto mais próximo da extremidade final do tratamento, menor o valor da razão da biodegradabilidade, que corresponde a razão entre o CQO e o CBO₅. Pretende-se que no final do tratamento só permaneçam no efluente final, quantidades vestigiais de compostos orgânicos de difícil biodegradabilidade.

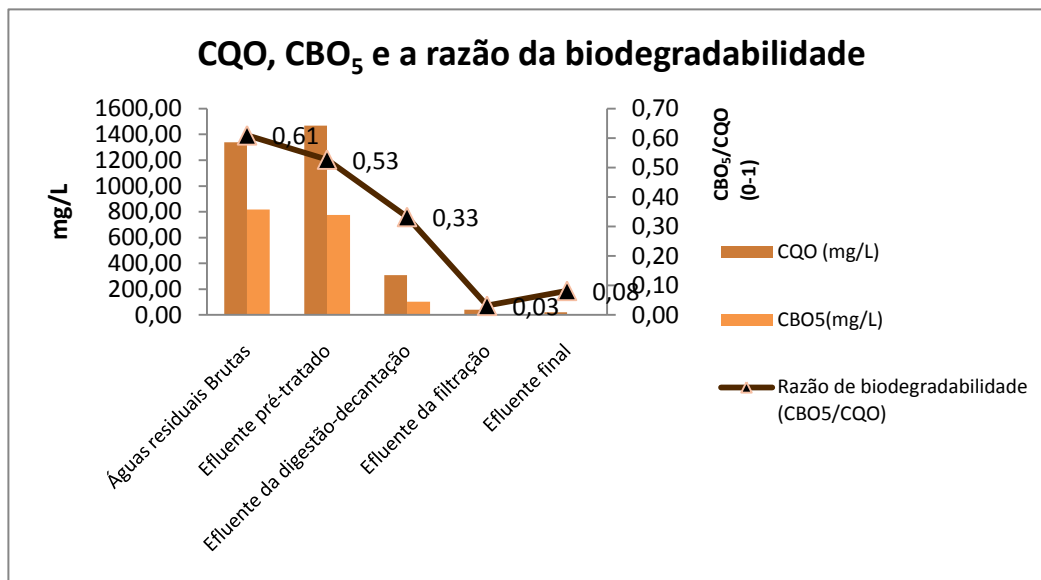


Figura 5.10: CQO, CBO₅ e a razão da biodegradabilidade

As cargas diárias dos constituintes do afluente importantes na avaliação da capacidade depurativa da ETAR

Segundo Metcalf & Eddy (1991), a água residual municipal é fortemente concentrada. Entram no sistema de tratamento diariamente cerca de 77 kg de SST e permanecem no efluente final 400 g. Entram no decantador/digestor 147 kg de CQO, e este remove-o a 80%. Quase todo o CBO₅ (81,177 kg/dia) é removido (Quadro 5.6).

Os SST, os SSTV, o CBO₅ e o CQO têm uma tendência decrescente ao longo da sequência de tratamento com valores de coeficientes de depuração aproximados, principalmente para os SSTV o CBO₅ e o CQO (Figura 5.11).

Os ST e os STV acompanham esta tendência até a decantação digestão. O estudo não conseguiu apurar o porquê da subida dos seus valores nas operações de filtração na bacia de

infiltração que continuou a subir no efluente final. Mas certificou-se de o valor do CQO e do CBO₅ são os que melhor traduzem o teor de matéria orgânica destes dois efluentes, em detrimento dos valores do STV, através da análise ao COT (carbono orgânico total) do efluente da filtração e do efluente final que mostraram-se de acordo com o CQO e CBO₅ (Quadro 5.7; Figura 5.12).

Não foram significativas as variações destes parâmetros ao longo do período de estudo, mas numa perspectiva transversal como já comentado, a significância da depuração é incontestável ($p < 0,05$).

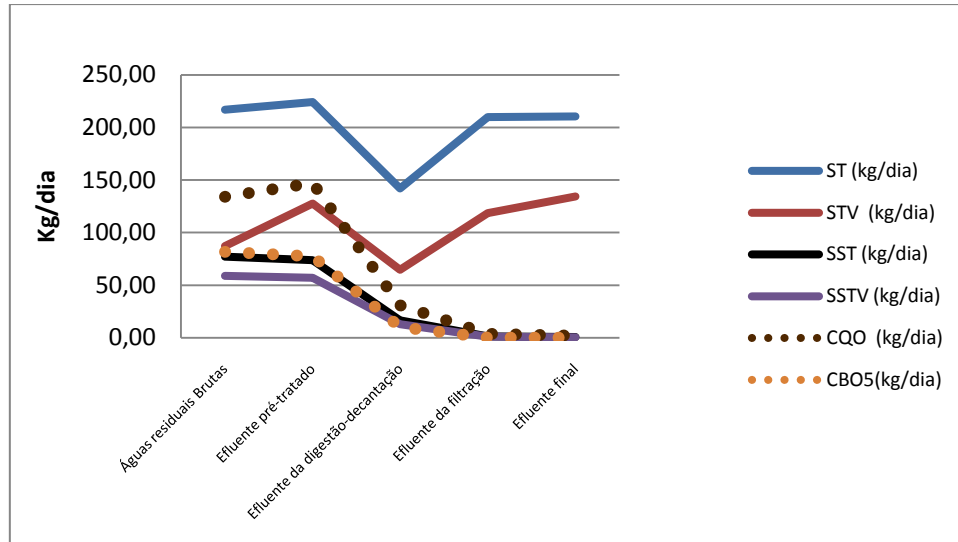


Figura 5.11: Carga diária dos ST, STV, SST, SSTV, CQO e CBO₅

Quadro 5.6: Carga diária dos ST, STV, SST, SSTV, CQO e CBO₅ na sequência do tratamento

Amostra	ST (kg/dia)	STV (kg/dia)	SST (kg/dia)	SSTV (kg/dia)	CQO (kg/dia)	CBO ₅ (kg/dia)
Águas residuais Brutas	216,84	87,22	77,21	58,97	134,17	81,77
Efluente pré-tratado	224,30	127,74	73,91	57,11	147,10	77,55
Efluente da digestão-decantação	141,86	64,53	16,54	12,85	30,80	10,24
Efluente da filtração	209,88	118,51	1,33	1,15	3,95	0,12
Efluente final	210,45	134,28	0,61	0,40	2,12	0,17

Quadro 5.7: Teor do COT dos efluentes filtrados e final

Amostra	COT (mg C/L)	Razão CQO/COT
Efluente da filtração	10,79842	2,730402
Efluente final	11,81175	1,664107

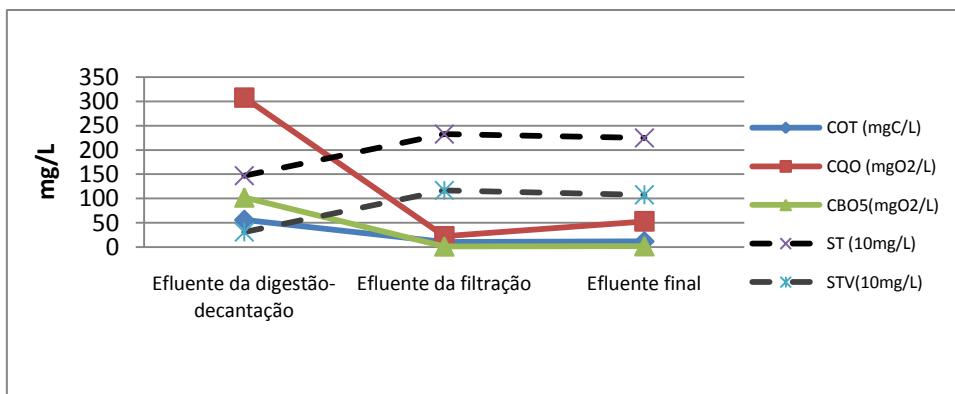


Figura 5.12: Relação entre o COT, CQO, CBO₅, ST e STV

5.7.2.4. Parâmetros de importância agronómica

Formas de azoto

O teor de azoto amoniacal (N-NH_4^+) na AR bruta é de 187 mg/L. Esta é a forma de azoto mais comum na AR municipal bruta. O baixo caudal de águas residuais domésticas que circulam na rede e a retenção destas nas estações elevatórias ao longo da rede de drenagem, frequentemente em condições de reduzida oxigenação ou mesmo de anaerobiose, favorecendo a mineralização do azoto orgânico proveniente das habitações, até formas mais reduzidas de N, como o azoto amoniacal. Em 220 mg/L de azoto kjeldahl encontradas nas AR brutas, 85% corresponde a fracção do azoto amoniacal, e o restante (33,4 mg/L) são azoto orgânico (Quadro 5.8).

Os resultados observados apontam para uma subida do valor do azoto total no efluente pré-tratado em comparação com o efluente bruto. O mesmo sucedeu a nível de outros parâmetros como os ST, STV e o CQO. Este resultado anómalo deve-se ao arraste de material do flotador/desarenador, material este que deveria ser removido desta estrutura com uma frequência maior do que aquela com que foi feita no período da amostragem.

A passagem pelo decantador/digestor promove a mineralização e decantação de 62,2% do azoto orgânico, resultando num aumento do azoto amoniacal (de 193 para 201 mg/L) (Quadro 5.8). A partir desta fase começa a ser mais representativo o teor de azoto nítrico nos efluentes.

Na bacia de infiltração há a possibilidade do azoto amoniacal se volatilizar, pois o efluente sai do digestor/decantador a pH próximo à 8, ou de se oxidar dando origem a formas nítricas de azoto. Após a filtração, o teor dos nitratos aumenta 55 vezes em comparação com o valor à entrada da bacia de infiltração, apresentando uma concentração de 149 mg/L dando a perceber que podem ter-se volatilizado 4,64 kg/dia de azoto amoniacal e a maior fracção (14,96 kg/dia) oxidou-se dando origem aos nitratos (Figura 5.13). Já com valores muito baixos, tendendo para zero, de azoto kjeldahl, o efluente final contém maioritariamente azoto mineral na forma nítrica – 125,6 mg/L é o valor médio registado (Quadro 5.8). Não se observaram variações significativas dos compostos de azoto ao longo do tempo de estudo, mas quanto às variações ao longo da sequência dos tratamentos, estas foram significativas a nível de todos os compostos de azoto ($p < 0,05$).

Quadro 5.8: Teor das diferentes formas de azoto ao longo da sequência do tratamento

Amostra	Azoto kjeldahl (mg/L)	Azoto amoniacal (mg /L)	Azoto orgânico (mg/L)	Nitratos (mg /L)
Águas residuais Brutas	219,92	186,78	33,14	2,9
Efluente pré-tratado	230,56	193,23	37,33	2,61
Efluente da decantação/digestão	216,8	201,82	14,98	2,73
Efluente da filtração	0,37	5,71	0,37	149,44
Efluente final	0	0	0	125,67

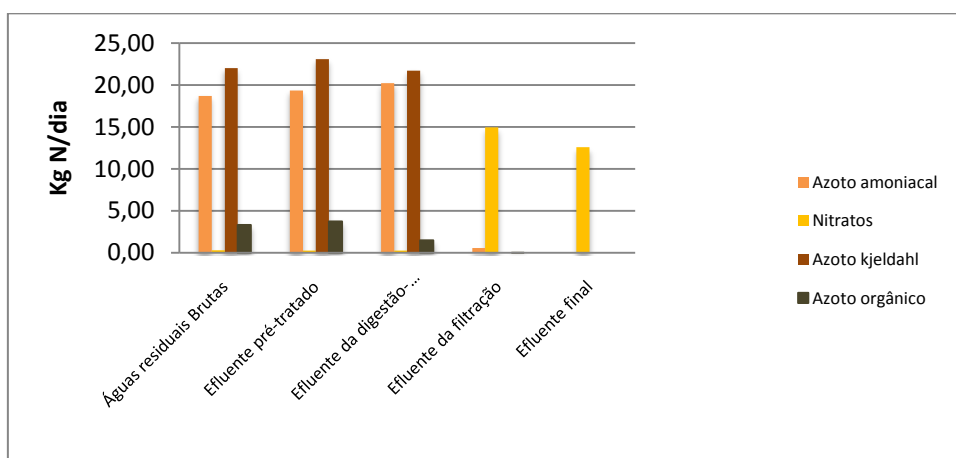


Figura 5.13: Carga diária das diferentes formas de azoto ao na sequência do tratamento

Fósforo (P_2O_5), potássio e sulfatos (SO_4^{2-})

A remoção do fósforo pelo processo de tratamento é significativa. A decantação/digestão remove 25% do fósforo total. A remoção com a filtração é de 67% dos 21,67 mg/L. Na totalidade são removidos 75,5%, permanecendo no efluente final 7,61 mg/L (Quadro 5.9). Este valor posiciona-se dentro da gama de valores de fósforo recomendados para a reutilização na rega. A carga diária de fósforo do efluente final é 7,61 g.

Outro constituinte agronomicamente importante é o potássio pelo seu valor fertilizante. Este constituinte apresenta-se na água residual bruta com uma concentração de 65 mg/L, concentração esta que vai aumentando ao longo das fases do tratamento até atingir-se 213 mg/L no efluente final (Quadro 5.9). Cerca de 21 kg de potássio são diariamente disponibilizados no efluente final para a reutilização.

A água residual bruta chega à ETAR com 30,63 mg/L de SO_4^{2-} . Após a decantação/digestão anaeróbica, e na passagem pelo meio filtrante na bacia de infiltração as formas de enxofre presentes oxidam-se, triplicando o teor de sulfatos que atinge 96,37 mg/L. Esse valor volta a baixar na passagem pelo filtro mecânico e pelo armazenamento no reservatório. O efluente final apresentou em média 85 mg/L de SO_4^{2-} (Quadro 5.9).

Quadro 5.9: Teor do fósforo, potássio e sulfatos na sequência do tratamento

Amostra	Fósforo (mg/L)	Total Potássio (mg/L)	Sulfatos (mg/L)
Águas residuais Brutas	26,54	64,63	30,63
Efluente pré-tratado	25,05	80,03	33,95
Efluente da digestão/ decantação	- 21,67	79,13	—
Efluente da filtração	6,43	149,19	96,37
Efluente final	7,61	213,00	85,04

Cálcio, magnésio, sódio, razão de absorção de sódio (RAS) e cloretos

O cálcio e o magnésio foram analisados nos dois laboratórios utilizados no estudo utilizando métodos de análise diferentes, a volumetria num caso e espectrometria de absorção atómica no outro, sendo significativas as diferenças encontradas entre os resultados das análises feitas pelos diferentes métodos ($p < 0,05$), tanto nos valores de cálcio como de magnésio. O Quadro XIV.6 do Anexo XIV apresenta os resultados obtidos segundo o método utilizado.

Optou-se por interpretar os resultados obtidos por espectrometria de absorção atómica, por ser necessário interpretá-los em conjunto com o teor de sódio da respectiva amostra, parâmetro que só foi determinado nas amostras cujo a determinação do Ca^{2+} e Mg^{2+} foram feitas por este método de análise. Estes resultados mostram que o afluente apresenta um teor médio de 234 mg/L de Ca^{2+} e 80,7 mg/L de Mg^{2+} . Não há variação significativa destes teores com o tratamento ($p > 0,05$), como se era de esperar da tecnologia de tratamento instalada na ETAR, embora o efluente final apresenta 153,8 mg/L e 71,6 mg/L de Ca^{2+} e Mg^{2+} respectivamente (Quadro 5.10).

O sódio é outro parâmetro muito importante na avaliação da adequação das ART à rega. Não sofre grandes alterações com o tratamento, apresentando-se no efluente final com uma concentração de 392 mg/L. A RAS, calculado com base nas concentrações do cálcio, magnésio e do sódio, tem um valor de 6,56 no efluente final.

Com este valor de RAS e uma CE de 2,7 dS/m, a rega com este efluente não apresenta qualquer risco para a permeabilidade do solo, susceptíveis de afectar o rácio de infiltração da água no solo, de acordo com as normas de qualidade de água para a rega da FAO (Anexo II).

A água residual bruta apresenta 448 mg/L de cloretos, e o efluente final 374 mg/L. Também aqui não há variação significativa do valor deste parâmetro ao longo das fases do tratamento. O risco de se provocar toxicidade nas culturas regadas com este efluente final é elevado mesmo em rega por alagamento. Nestas condições, as culturas a regar com este efluente terão de ser tolerantes a este ião.

Quadro 5.10: Teores de cálcio, magnésio, cloretos, sódio e a RAS na sequência do tratamento

Amostra	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Sódio (mg/L)	RAS	Cloretos (mg/L)
Águas residuais Brutas	233,96	80,69	411,71	6,02	448,19
Efluente pré-tratado	236,04	74,33	385,08	5,71	439,96
Efluente da decantação/digestão	208,13	207,25	390,50	5,82	466,80
Efluente da filtração	251,46	84,83	400,67	5,94	375,08
Efluente final	153,75	71,63	392,92	6,56	373,62

Micronutrientes – cobre, zinco, ferro e manganês

As concentrações dos micronutrientes analisados não apresentaram variações significativas na sequência do tratamento ($p>0,05$). No entanto observou-se que o cobre do afluente bruto (0,31 mg/L), é reduzido a 0,29 mg/L no efluente final, redução esta não suficiente para satisfazer o limite máximo de cobre aceitável na água de rega – 0,2 mg/L. É o único micronutriente analisado cujo teor não se encaixa nos padrões de qualidade de água para a rega da FAO. No caso dos restantes, registou-se 0,52 mg/L de zinco, 1,03 mg/L de ferro e 0,21 mg/L de manganês no efluente tratado (Quadro 5.11).

Quadro 5.11: Teor dos micronutrientes na sequência do tratamento

Amostra		Cobre (mg/L)	Zinco (mg/L)	Ferro (mg/L)	Manganês (mg/L)
	N		Média		
Águas residuais Brutas	3	0,31	0,59	4,98	0,26
Efluente pré-tratado	3	0,32	0,66	5,64	0,25
Efluente da decantação/digestão	3	0,26	0,59	1,80	0,16
Efluente da filtração	3	0,42	0,65	1,16	0,24
Efluente final	2	0,29	0,52	1,03	0,21

Ao comparar a qualidade do afluente e do efluente da ETAR de Santa Cruz com os das ETAR da Praia e do Mindelo, não se percebeu grandes diferenças entre os afluentes. Mas percebe-se que a eficiência apresentada pelo processo de tratamento da ETAR de Santa Cruz é maior do que a lagunagem em São Vicente, a nível da remoção dos SST, CQO e coliformes totais e fecais, auferindo a este efluente melhores características físico-químicas e microbiológicas para o uso na rega. A condutividade eléctrica da ART no Mindelo (4 dS/m) é maior do que o valor máximo registado na ART de Santa Cruz (3,37 dS/m). O teor de SST, CQO e coliformes fecais na ART do Mindelo são respectivamente 285 mg/L, 617 mg/L, 1×10^3 UFC/100 ml (CMSV, 2010), sempre superiores aos registados em Santa Cruz.

5.8. As lamas geradas

Com uma só amostragem possível ao longo do período de estudo, observou-se que as lamas geradas apresentam um teor de humidade de 97%, um pH de 7,8 e uma biodegradabilidade dos sólidos totais de 70% (Quadro 5.12).

Quadro 5.12: Característica das lamas geradas

Sólidos totais	Sólidos Totais Voláteis	Sólidos Suspensos Totais	pH	Potencial Redóx	Biodegradabilidade
2,914 g/L	2,05g/L	1,6 g/L	7,8	-58	70%

5.9. Inquérito aos utilizadores e potenciais utilizadores das águas residuais tratadas na agricultura

Este inquérito, cujo modelo é reproduzido no Anexo IV, foi realizado para se conhecerem as condições em que operam os agricultores que exploram os campos de cultivo nas áreas mais próximas à ETAR, e avaliar a oportunidade da reutilização de águas residuais nestas áreas.

Dado que alguns agricultores da área a Sudoeste da ETAR, localizada dentro dos limites da bacia de Ribeira Seca, trabalhadores das áreas agrícolas de Covada e Passadeira, já tinham intenção de reutilizar as ART, e por se considerar essa a área do município como sendo a de maior carência de água de qualidade adequada para a rega, o inquérito incidiu principalmente sobre esta área onde 90% da área agricultável é cultivada durante o período das chuvas, de Julho a Outubro, e cultivada esporadicamente em sistema de regadio nos outros meses. O número de agricultores inquiridos foi 13 sendo que 4 já utilizavam ART na rega e 9 são potenciais utilizadores de ART na rega.

Os resultados obtidos foram os seguintes:

5.9.1.Utilizadores das ART na rega

Todos os 4 utilizadores particulares de ART na rega no município de Santa Cruz foram inquiridos. Estes têm pelo menos o nível básico de ensino, e são os proprietários das explorações agrícolas.

A actividade agrícola está sempre associada a uma segunda actividade, nomeadamente a criação de gado (4), a produção de aguardente (3) e construção civil (1).

A parcela regada corresponde a menos de metade da área agrícola disponível (3). O total das áreas regadas não ultrapassa 1 ha de terreno. As explorações localizam-se num raio de 100 a 200 m do reservatório de armazenamento de ART da ETAR, nas encostas que ladeiam a ETAR, em terrenos com declives superiores a 60% e com solos cuja profundidade raramente ultrapassa os 15 cm. Toda a área dispõe de infraestruturas de conservação de solo e água como as banquetas e os muretes. Em dois casos, o acesso à exploração é limitado por vedações.

Agricultura de regadio é praticada durante todo o ano em duas explorações, e só na época fresca, de Outubro a Maio, nas outras duas.

As culturas mais comuns, regadas com ART, são a cana-de-açúcar destinada ao uso industrial e a bananeira destinada ao mercado regional e nacional. A papaieira é a árvore fruteira mais comum em todas as propriedades. Hortícolas, como abóbora, pepino, pimentão, tomate, mandioca, melancia, couve, beterraba, também são cultivados e destinadas ao consumo doméstico e ao mercado em toda a ilha.

Em termos de infraestruturas de rega, todos os inquiridos possuem reservatórios com capacidade superior a 100 m³, motobomba, filtros de areia e equipamentos para a rega localizada (gota-a-gota).

A exploração mais pequena, que cultiva maioritariamente a cana-de-açúcar, é exclusivamente regada por micro-rega (gota-a-gota), enquanto que nas outras, parte é regada por alagamento e parte por micro-rega.

O volume de água residual tratada (50 e 100 m³/exploração) é adquirido semanalmente ao SAAS. Geralmente a rega é semanal (alagamento) e diário (micro-rega) e o volume utilizado depende da tecnologia de rega, da cultura implantada e da área a regar.

Os utilizadores das AR, que pretendem alargar a área a regar com estas, irão requerer ao SAAS mais 50% do actual volume requerido. Não possuem nenhum compromisso contratual

com o SAAS para o fornecimento de água, fazendo-se a venda sempre que o agricultor mostre interesse na compra, por um valor de 30 ECV/m³ (0,30 €/m³).

Os inquiridos não se aperceberam até a data da existência de diferenças na produção obtida com utilização das águas residuais, porque nenhuma cultura ainda concluíra o seu ciclo.

Todos possuem alguns conhecimentos sobre a água que usam, mas acreditam serem insuficientes e requerem mais esclarecimentos sobre sua utilização, seus riscos, seus benefícios e as culturas mais adequadas para a rega com ART. Pode-se constatar que, em alguns casos, na rega por alagamento eram usadas botas como equipamento de protecção.

Face ao exposto pode-se dizer que as condições de reutilização não são as mais adequadas principalmente pelo acentuado declive comum à maior parte das explorações regadas com ART. Mas, a opção pela micro-rega como método de rega e a preocupação com a implementação de infraestruturas de conservação de solo e água reduzem a possibilidade de se haver escoamento superficial susceptível de provocar erosão e afectar negativamente as áreas a jusante. É também reconhecido pelos agricultores que é deficitária a informação de que dispõem sobre o uso das ART, pelo que não conseguem implementar por si só medidas de controlo do risco.

5.9.2. Potenciais utilizadores das ART na rega

São 13 os agricultores inquiridos, cujas explorações agrícolas se localizam na área agrícola de Covada, Passadera e Achada Fazenda, a menos de 1 km do reservatório de ART. São todos do sexo masculino, 6 têm mais de 50 anos e um nível de escolaridade inferior ao básico (6ª classe).

O tamanho das explorações não ultrapassa, na maioria dos casos, 0,5 ha. Estas localizam-se nas partes mais baixas das encostas e nos vales da bacia hidrográfica da Ribeira Seca onde os declives são menos acentuados.

O utilizador da terra é na maioria dos casos (10) o proprietário, e nos outros casos a utilização da terra é em regime de arrendamento ou de partilha da produção.

Quanto ao regime de cultivo, todos praticam a pluricultura, tanto na agricultura de sequeiro como no regadio. As culturas do milho e feijão são as predominantes no sequeiro. No regadio a cana-de-açúcar e as fruteiras são as mais cultivadas, seguidas pelas hortícolas.

Para a maioria dos agricultores a agricultura é a actividade principal, complementada com a criação de gado. As culturas de sequeiro são feitas no período das chuvas. O cultivo em regadio fresco, ou seja, no período após as chuvas, é pouco praticado por falta de água.

Todos os inquiridos usam a água captada em poços próprios para a rega (a sua qualidade está descrita no ponto 5.9.4.1), cuja variação intra-anual da qualidade não permite o cultivo durante todo o ano. A água de rega não é paga, visto ser captada em poços próprios, e os encargos com a rega decorrem da bombagem da água e da mão-de-obra, que na maioria dos casos é familiar. Não existe nenhuma forma de controlo ou de medição do caudal captado em qualquer poço da área. Um dos potenciais utilizadores usa a água de abastecimento público e água das chuvas recolhida nos telhados para rega. Neste caso a exploração situa-se nas proximidades da habitação do proprietário.

A rega é feita por alagamento em 12 explorações e por gota-a-gota e alagamento num caso. Geralmente o intervalo entre as regas é de 15 dias

Todos os agricultores inquiridos usam fertilizantes como input na produção: adubo NPK, ureia e estrume animal são os mais usados. Esporadicamente recorre-se ao uso de pesticidas no controlo fitossanitário, sem assistência técnica adequada.

Os agricultores consideram razoável a produção dos últimos 10 anos para as condições em que trabalham, mas não estão satisfeitos nem com esta, nem com as condições.

Todos pretendem utilizar a água residual tratada, mesmo não conhecendo detalhadamente a sua origem, os riscos e os cuidados a ter na sua utilização. Aham necessário ter informação sobre a RART, e referem ter recebido alguns esclarecimentos da Delegação do Ministério do Ambiente Desenvolvimento rural e Recursos Marinhos (MADRRM), e do SAAS, considerando-os contudo insuficientes.

Caso necessário, mudariam a tecnologia de rega para micro-rega caso viessem a ter acesso às ART nas proximidades das suas propriedades.

Mais de metade dos inquiridos contribuiriam para equipar a rede de distribuição de ART nas suas propriedades (tubagens e equipamentos de bombagem), mas questionam o preço de venda das ART, por este ser 3,75 vezes superior ao preço pago ao INGRH pela exploração das águas das origens naturais (8,00 ECV).

De facto, o preço das ART comparado com o preço que outros agricultores pagam por m³ de água de origem natural, é alto e pode constituir um constrangimento à utilização das ART por parte dos potenciais utilizadores das ART na rega.

5.9.3.Solos nas proximidades da ETAR

A maior parte da área de Santa Cruz é constituída por achadas, terrenos de superfície planas, ligeiramente onduladas, situadas a poucas dezenas de altitude, que confinam com formações rochosas de beira-mar e se elevam gradualmente à medida que se caminha para o interior. A rede hidrográfica é pouca densa em comparação com o interior da ilha onde o relevo é mais acidentado com inúmeras linhas de água.

As explorações agrícolas de regadio localizam-se principalmente nos vales, e encontram-se em progressiva expansão para as encostas. Para caracterizar a área com maior facilidade de uso da ART na rega, tanto pela aceitação dos agricultores como pela proximidade à ETAR, analisaram-se duas amostras compostas de solo.

Da análise do Quadro 5.13 onde estão apresentados os resultados obtidos da análise do solo das encostas e dos fundos dos vales, constata-se que nenhum dos solos, embora com um pH superior a 8, pode ser considerado salino dado à sua baixa condutividade eléctrica. É um solo pobre em matéria orgânica, e rico em fósforo. O facto de possuir uma textura ligeira (franco-argilo-limoso) confere-lhe vantagens no uso de ART na rega, já que minimiza os efeitos da colmatção do solo pelos SS das ART.

O solo das encostas apresenta algum ligeiro efeito de sodização, com 17% do sódio entre as bases de troca, mas este efeito é contrariado pelo seu pH próximo da neutralidade.

O solo do fundo dos vales, com maior pH, não apresenta salinidade nem sodicidade pois abundam o cálcio e o magnésio como catião de troca face ao sódio. A sua condutividade eléctrica é menor, devido à sua topografia plana, permitindo maior lixiviação dos sais. Não se pode contar com a ART da

ETAR de Santa Cruz para promover a lixiviação dos sais, pois esta carrega uma grande carga de nitratos, que também poderão lixiviar para águas profundas conduzindo à sua poluição.

Quadro 5.13: Características físicas e químicas dos solos agricultáveis nas proximidades da ETAR

	Unidade	Amostra A	Amostra B
Data de colheita		06/12/2010	06/12/2010
Característica do local de recolha		Encosta	Fundo dos vales
Nº de pontos de recolha em 10 ha		10	10
Profundidade da amostra	cm	20	20
Teor de humidade	%	6,06	7,80
Densidade aparente	kg/L	1,083	0,745
Teor de matéria orgânica	%	0,43	0,29
Textura		Franco Argilo-limoso	franco Argilo-limoso
Areia	%	31	30
Limo	%	38	35
Argila	%	28	39
Condutividade eléctrica (10g solo:25ml H ₂ O)	dS/m	1,05	0,211
pH (em KCl)		7,15	6,65
N-NO ₃ ⁻	mg/kg de solo	7,6	8,04
N-NH ₄ ⁺	mg/kg de solo	3,94	6,14
Fósforo extraível	mg/kg de solo	34,87	194,1
Potássio (K ₂ O)	mg/kg de solo	510	760
Capacidade de troca catiónica	cmol/kg de solo	25,15	22,55
Grau de saturação com bases	%	100	96,2
Cálcio (Ca ²⁺)	cmol/kg de solo	10,98	16,71
Magnésio (Mg ²⁺)	cmol/kg de solo	16,57	12,46
Potássio (K ⁺)	cmol/kg de solo	0,5	0,72
Sódio (Na ⁺)	cmol/kg de solo	4,36	1,4
Bases totais	cmol/kg de solo	32,41	31,29

5.9.4.Água de origens naturais utilizadas na rega

A região apresenta uma das maiores densidades de pontos de água do país, entre poços, furos e nascentes. A sua exploração é feita por privados, associações ou por organismos públicos como SAAS, cabendo a sua gestão ao INGRH. Cerca de 71% dos furos são destinados a exploração de água para rega agrícola, e o restante para fins mistos como a produção de água para consumo humano - uso doméstico, rega e outros. Em 2001, inventariou-se 368 pontos de água, entre os quais 45 furos, 153 nascentes e 170 poços distribuído pelos diferentes povoados do concelho (Tavares, 2001). No mesmo ano, a partir destes pontos de água foram produzidos no concelho 21096,2 m³/dia de água como mostra o Quadro 5.14.

Quadro 5.14: Produção de água no concelho 2001. Adaptado de Tavares (2001)

Pontos de água	Furos	Poços	Nascentes
Número	41	170 (114)*	174 (111)*
Volume diário explorado (m ³ /dia)	4064,2	7417	7448
Nível de exploração em relação à capacidade (%)	55	77	—

Fonte: (Tavares, 2001) *Dados citados em (Gominho, 2005)

5.9.4.1. Qualidade

Dos três pontos de água ainda em exploração nas áreas agrícolas de Covada, Achada Igreja e Passadera, foram amostrados 2 deles no âmbito deste estudo, com o objectivo de avaliar a sua qualidade face à qualidade apresentada pelas ART. Embora sendo muito reduzido o número de amostras, o valor dos parâmetros avaliados, apresentados no Quadro 5.15, não diferem da média observada para os mesmos parâmetros, em análises das águas dos diferentes pontos na bacia hidrográfica de Ribeira Seca, determinados no âmbito do Projecto DESIRE (2010), e por Gominho (2005).

É de frisar que a recolha destas amostras aconteceu depois do período das chuvas, em que os aquíferos se encontram recarregados, correspondendo ao período mais favorável à boa qualidade da água, principalmente a dos poços. Esta teoria é comprovada pelos agricultores da área que reconhecem neste período, o período cuja salinidade da água é menor.

Observou-se que a CE da água do poço foi de 3,2 dS/m e da água do furo de 12,14 dS/m, valores estes superiores ao valor médio da CE verificado nas ART (2,7 dS/m). O valor máximo da EC observado nas ART (3,3 dS/m) é próximo ao registado na água do poço, na situação mais favorável à sua salinidade.

Foram observados 836,62 e 1666 mg/L de cloretos na água do poço e do furo respectivamente, valores muito superiores aos valores máximos registados nas ART.

A nível microbiológico, não há muita diferença entre a qualidade das ART e da água do furo e do poço se se considerar todos os resultados das análises microbiológicas, mas se for comparado com os resultados mais frequentes nas ART (0 UFC/100ml de coliformes fecais), pode-se afirmar que a qualidade microbiológica das ART é superior a da água do poço e equivalente à da água do furo.

Quadro 5.15: Caracterização físico-química e microbiológica da água de rega usada nas proximidades da ETAR

Tipo de Captação		Furo	Poço
Local		Covada	Covada
Data Recolha		29-11-2010	21-12-2010
Microrganismos viáveis	UFC/100ml	85×10^2	
Coliformes totais	UFC/100ml	9×10^2	53×10^3
Coliformes fecais	UFC/100ml	0	18×10^3
Temperatura	(°C)	26,4	25,7
Condutividade eléctrica	(mS/cm)	12,14	3,2
TDS	(g/L)	6,52	1,645
Salinidade	(‰)	6,7	1,7
pH		7,49	7,31
Cloretos (mg Cl ⁻ /L)	(mg/L)	1666	836,62
Turvação	UNT		1,2

Segundo Gominho & Pina (2005), a parte jusante da Bacia da Ribeira Seca, uma das principais bacias hidrográficas que desaguam em Santa Cruz, confronta-se com gravíssimos problemas devido ao stress hídrico e salínico, comprometendo a sustentabilidade hídrica da região. Segundo seus resultados, a CE na água dos furos e poços da região chega a atingir 21000 µS/cm, o teor dos cloretos tinha uma média de 5645 mg/L e os nitratos apresentavam-se em média um valor de 930 mg/L.

O INGRH (2000) aponta como as principais causas de degradação da qualidade da água, designadamente, poços e captações não protegidas, a sobre-exploração dos aquíferos, a prática da apanha da areia nas praias, utilização abusiva de fertilizantes, proliferação de lixo entre outros.

5.9.4.2. Gestão

A maioria dos pontos de água sob exploração, principalmente os poços e as nascentes, não se encontra equipado de qualquer mecanismo de controlo da exploração, como contadores ou avaliação de qualidade.

De acordo com o Banco de dados do INGRH, dos 111 nascentes, 41 furos e 114 poços existentes, o INGRH (Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos) controla apenas 17 Poços e 21 furos devido a dificuldades de ordem técnica e financeira (Gominho, 2005).

O preço da água de rega

A água utilizada na rega é subsidiada pelo estado de Cabo Verde. Geralmente os agricultores só pagam ao SAAS – SC, que por sua vez paga ao INGRH, um valor de 4 ECV/m³ para a exploração de água para a rega em sistemas de rega gota-a-gota e 8,00 ECV/m³ para rega tradicional. A maioria dos agricultores utiliza água das nascentes e dos poços para agricultura sem despendar nenhum custo pela sua utilização, além do custo da sua mobilização.

Organizações ligadas a gestão dos recursos hídricos

As organizações no sector dos recursos hídricos em Cabo Verde, deverão ser as mesmas a assumir responsabilidades sobre a RART no país. Entre elas encontra-se:

- O Conselho Nacional da Água (CNAG) esta no topo da administração nacional na gestão e exploração dos recursos hídricos;
- O Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos (INGRH) é o órgão executivo de CNAG, e tem as funções de planeamento, regulamentação, protecção, investigação, formação e informação, apoio aos utentes, estudo e implementação do regime tarifário e económico-financeiro do sector;
- A Electra, SARL, é uma empresa pública que fornece água e energia em algumas ilhas;
- O Serviço Autónomo de Água e de Saneamento (SAAS), entidade municipal que fornece água à população mediante o pagamento de uma taxa ao INGRH.
- A Agencia de Regulação Económica (ARE) Agencia de Regulação Económica dos Serviços de Agua e Saneamento de Cabo Verde.
- Outros operadores: Associação de agricultores, sobretudo para exploração agrícola, e privados, aos quais o INGRH outorga licença de exploração e gestão das unidades de produção (PAGIRE, 2010).
-

5.10. Aceitação da rega com ART pela população de Santa Cruz

Através do inquérito aplicado a um universo de 62 pessoas residentes na área de estudo, com vista a conhecer o nível de conhecimento sobre as ART e a sua reutilização e a aceitação da RART na rega, obteve-se os seguintes resultados:

Em cada 10 pessoas inqueridas menos de 3 ouviram falar da reutilização das ART (26,7%) e 1 conhecia os riscos de sua reutilização na rega.

Metade dos inquiridos optaria pela reutilização das ART na rega caso estivesse em suas mãos o poder de decisão sobre destino dessas águas. Para os que já tinham ouvido falar das ART, a

maioria escolheria a rega agrícola como melhor destino final dessas águas (64%). A escolha dos outros 36% dividiu-se igualmente entre as opções de descarregar as ART no mar, regar jardins públicos e utilizá-las na construção civil.

Todos os que conheciam as ART não impõem limitações ao consumo dos produtos agrícolas regados com ART caso lhes assegurassem a qualidade do produto. Mesmo sem ter ouvido falar das ART, 4% inquiridos sentem-se à vontade para consumir os produtos regados com ART desde que lhes dêem segurança de não causar riscos à saúde. Os restantes não usariam tais produtos. O facto de conhecer ART afecta significativamente o facto de existir ou não objecção ao consumo de produtos agrícolas regados com ART.

Fora do seio da comunidade agrícola, (agricultores e seus familiares), a maioria dos consumidores (73,3%) ignora que existe reutilização de ART no município de Santa Cruz, de forma que a aplicação de medidas de controlo do risco sanitário associado aos organismos patogénicos presentes nos produtos agrícolas regados com ART, ao nível dos consumidores, torna-se difícil. Se considerarmos que esta dificuldade advém do facto de se tratar de uma reutilização “informal” das ART, caímos num outro abismo, o da não institucionalização ou regulamentação desta prática no país, pelo que, não está definido quem tem o dever de informar a sociedade em geral sobre os aspectos sanitários da reutilização das ART.

6. Conclusões e perspectivas futuras

Os resultados deste estudo levam-nos a concluir o seguinte quanto à RART na ilha de Santiago:

- Existe uma escassez absoluta de recursos hídricos na ilha de Santiago, havendo necessidade de recorrer a origens de água alternativas para satisfazer as necessidades de água da população e dos sectores produtivos;
- É gerado actualmente na ilha um volume anual de $3,42 \times 10^6 \text{ m}^3$ de AR, 12% do qual é tratado em ETAR, disponibilizando para a reutilização um volume anual de $0,43 \times 10^6 \text{ m}^3$ de ART, concentrado (88,5%) na Praia, município que agrega mais de metade da população da ilha;
- A reutilização das ART na rega decorre unicamente em Santa Cruz, e o volume reutilizado é de $36500 \text{ m}^3/\text{ano}$, o que corresponde a 8,4% do volume total das AR aduzidas às três ETAR municipais em funcionamento na ilha. Este volume é obviamente baixo face às necessidades de água estimadas para rega das culturas da bananeira e da cana-de-açúcar, avaliadas em $9,63 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$. De facto as ART podem satisfazer apenas 0,37% destas necessidades. Este município é único da ilha onde se constatou, com base nos dados disponíveis sobre os recursos hídricos, um real défice de água para a rega, e consequentemente o município onde o interesse na rega com ART tende a ser maior;
- No município do Tarrafal, um dos três municípios com ETAR, a fraca cobertura da rede de drenagem de AR não tem permitido a existência de AR suficientes para satisfazer os volumes mínimos exigidos para o funcionamento do sistema.
- A nível governamental prevê-se que em 2020 serão reutilizados 50% das ART geradas no país. A concretizar-se este objectivo e prevendo-se no presente trabalho que nessa data será possível dispor em Santiago para reutilização $2,12 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, a RART poderá satisfazer então 7,27% das necessidades de água para rega na ilha estimados em $16 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ para 2020;
- A verificar-se este valor, a disponibilidade de ART em 2020 será 5 vezes superior à disponibilidade actual, e o volume de ART reutilizado será 50 vezes superior ao que actualmente se reutiliza, ou seja, $1,06 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, ainda que continuando maioritariamente concentrado na cidade da Praia (82%);
- A melhoria das condições de abastecimento de água (nomeadamente em termos de disponibilidade de água nas redes) e da recolha e tratamento das AR são no entanto os pressupostos necessários para que se possa atingir o pretendido nível de reutilização de 50% em 2020;
- A RART na ilha de Santiago é incipiente, não institucionalizada, não regulamentada, e pouco segura principalmente por falta de informação dos técnicos e dos agricultores.

Quanto à RART no município de Santa Cruz são as seguintes as conclusões obtidas:

- O sistema de tratamento de ART implementado na ETAR mostra uma eficiência de remoção de SST, CQO e CBO₅ de 99,2, 98,4 e 99,7% respectivamente, sendo susceptível de remover totalmente os coliformes totais e fecais (0 UFC/100ml);
- O afluente da ETAR é fortemente concentrado, apresentando 2166 mg/L de ST, 771 mg/L de SST, 1334 mg/L de CQO e 817 mg/L de CBO₅;
- A ART tem uma CE média de 2,7dS/m, e um valor de RAS de 6,56, o que lhe confere adequação à rega das culturas moderadamente tolerantes à salinidade sem risco de afectar a estrutura do solo. Sob o ponto de vista do valor fertilizante, estas águas apresentam 125 mg/L de nitratos, 7,62 mg/L de fósforo e 213 mg/L de potássio;
- O teor de cloretos nas ART é muito alto para uso na rega (373,62 mg/L), mas mesmo assim, este efluente apresenta, sob este ponto de vista, melhor qualidade do que água de origem natural captada para a rega na área agrícola próxima à ETAR de Santa Cruz. Nestas condições a ART é a melhor opção para a rega, já que, de acordo com o padrão da OMS, a sua qualidade microbiológica não põe em risco a saúde humana;
- Todo o volume de ART produzido na ETAR de Cruz é reutilizado (na rega agrícola e de espaços verdes municipais e na lavagem de equipamentos de recolha de resíduos sólidos, sendo que a agricultura consome de 50 a 70% das ART);
- A área agrícola actualmente regada com ART ronda 1 ha de terreno agrícola, incluindo explorações de 4 particulares e os terrenos da ETAR. Caso os 36500 m³/ano de ART produzidos no local se destinassem unicamente à rega das culturas da cana-de-açúcar e da bananeira, seria possível regar actualmente 2,6 ha destas culturas.
- Os agricultores locais apresentaram interesse em reutilizar as ART, mesmo sem conhecer claramente as suas potencialidades e seus riscos como água de rega, interesse esse suportado principalmente na escassez de água que se faz sentir na zona.
- A população, em geral, tem poucos ou nenhuns conhecimentos acerca da ART e/ou a sua utilização na agricultura, pelo que a maioria não escolhe a agricultura como sua primeira opção de reutilização. Os que conhecem minimamente as ART indicam a agricultura como o sector que mais poderá beneficiar com o uso das mesmas.

As limitações tidas no desenvolvimento do trabalho de campo realizado, que se reflectem no reduzido número de análises de águas residuais e do solo que foi possível realizar, levam a que as conclusões que dependem directamente dos valores referidos sejam objecto de natural reserva.

Recomendações e perspectivas para futuros trabalhos

Face ao exposto, julga-se pertinente sugerir as seguintes recomendações:

- A ART produzida na cidade da Praia poderá ter outros usos que não na agricultura, como a rega de espaços verdes municipais ou outros usos urbanos que requerem menor esforço financeiro na mobilização dessa água e que leva a menores problemas ao nível da saúde pública;

- Pensa-se que a tecnologia de tratamento das AR da ETAR de Santa Cruz pode ser melhorado com a implementação de um sistema de mecanizado de remoção dos flotados e das areias removidos na operação de flotação/desarenação, o que tornará esta operação mais eficiente do ponto de vista da depuração e mais higiénica e segura para os trabalhadores. Também deverá ser implementado um tratamento de desinfecção para uma maior segurança na remoção dos microrganismos;
- A segurança na ETAR deverá ser reforçada limitando o acesso à mesma através da instalação de uma vedação, e protecção da saúde dos funcionários da ETAR deverá ser melhorada impondo aos trabalhadores a utilização de vestuário e equipamentos adequados para o trabalho que desempenham;
- Considera-se importante um estudo mais aprofundado da causa do aumento do valor dos ST e dos STV no processo de filtração em meio granular na ETAR de Santa Cruz;
- É urgente dispor de informação mais aprofundada relativamente às condições de exploração do sistema de rega com ART a partir da ETAR e aos efeitos desta rega sobre os meios hídricos, o solo e as plantas, o que se traduz pela necessidade de implementar um adequado plano de monitorização da qualidade destes recursos;
- Embora a escassez de água permita que a sociedade aceite com facilidade a rega com ART é necessário dar a conhecer às populações envolvidas os riscos dessa utilização e assegurar as medidas de controlo desse risco. Além disso, terão de ser avaliados cuidadosamente os custos da implementação de sistemas de RART na ilha e definir quem os suportará;
- Para dar segurança e confiança ao grupo de risco há que assegurar a existência da legislação adequada para a RART na rega.

7. Bibliografia consultada

- AHMED N. BDOURA, M. R. (2009). Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options in the urban areas of the Mediterranean region. *Desalination*, pp. 162 - 174.
- AMARAL, I. D. (2007). *Santiago de Cabo Verde - A terra e os Homens*. Coimbra.
- AUSTRALIAN CAPITAL TERRITORY GOVERNMENT. (1999). *ATC Wastewater reuse for irrigation. Environment protection policy*. Canberra: Environment ACT.
- BDOURA, A., HAMDIB, M., & TARAWNEHA, Z. (2009). Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options in the urban areas of the Mediterranean region. *Desalination; ScienceDirect*, 162–174.
- CHEN, Y., DOSORETZ, C., KATS, I., JÜESCHKE, E., MARSCHNER, B., & TARCHITZKY, J. (2011). Organic matter in wastewater and treated wastewater-irrigated soils: properties and effects. In G. Levy, P. Fine, & A. Bar-Tal, *Treated Wastewater in Agriculture: use and impacts on the soil environment and crops* (pp. 400-416). Oxford: Willey-Blackwell.
- CMSC. (2006). *Plano de Desenvolvimento Urbano do Litoral de Santiago Maior Centro*. Praia: Município de Santa Cruz.
- COMISSÃO TÉCNICA PORTUGUESA DE NORMALIZAÇÃO. (2005). NP4434. *Norma Portuguesa "Reutilização de águas residuais"*. Portugal: Comissão técnica Portuguesa de Normalização.
- CONSELHO DE MINISTROS. (2004). Decreto-Lei nº 7/2004. *Boletim Oficial: Série I, Número 6*.
- CONSELHO DE MINISTROS. (2010). Resolução nº 66/2010. *Boletim Oficial: I Série, Número 45*.
- CORONADO, A., ORENES, F., SOLERA, J., ARCENEGUI, V., & BENEYTO, J. (2011). Short-term effects of treated wastewater irrigation on Mediterranean calcareous soil. *Soil & Tillage*, 112, 18-26.
- CROOK, J., & LAZAROVA, V. (2005). International health guidelines and regulations. In V. Lazarova, & A. Bahri, *Water Reuse for Irrigation: agriculture, landscape, and turf grass* (pp. 64-80). CRC Press.
- DESIRE. (2009). *Investigação de mecanismos de degradação dos solos. Dados não publicados*. Cabo Verde: INIDA.
- DUARTE, E. A. (2010). *Tecnologias de tratamento de águas e águas residuais. Documento de apoio às aulas*. Lisboa, Portugal.
- DOORENBOS, J., & PRUITT, W. (1975). Guidelines for predicting crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper*. Roma, Itália: FAO.
- ELECTRA, H. G. (2011). Avaria dificulta retoma de abastecimento de água à capital no prazo estipulado. *Jornal da Noite de 30 Mai 2011*. (A. Brito, Entrevistador) Televisão de Cabo Verde TCV.
- EPA. (2005). EPA/625/R-04/108. *Guidelines for Water Reuse*. Washington, Cincinnati, EUA: Environmental protection Agency.
- FAO - Food and Agricultural Organization of the United Nations. (s.d.). *For a world without hunger*. Obtido em Maio de 2011, de <http://www.fao.org>
- FAO. (2002). *Água e Cultivos*. Obtido em Maio de 2011, de <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y3918S/Y3918S00.HTM>
- FAO, N. R. (1992). *FAO corporate Document Repository*. Obtido em 2011, de Wastewater treatment and use in agriculture: <http://www.fao.org/docrep/T0551E/T0551E00.htm>
- FAO; Natural Resources Management and Environment. (1992). *FAO corporate Document Repository*. Obtido em 2011, de Wastewater treatment and use in agriculture: <http://www.fao.org/docrep/T0551E/T0551E00.htm>

- FLÖRKE, M., & ALCAMO, J. (2004). *European Outlook on Water Use*. Center for Environmental Systems Research - University of Kassel.
- FOPPEN, J. (2002). Impact of high-strength wastewater infiltration on groundwater quality and drinking water supply: the case of Sana'a, Yemen. *Journal of Hydrology*, 263, 198-216.
- GOMINHO, M. A., & PINA, A. (2005). Conservação e o Uso Sustentável dos Aquíferos Costeiros da Bacia Hidrográfica da Ribeira Seca – Cabo Verde. Definição e Estratégias de Intervenção. *INGRH*.
- GONDIM, A., MEDEIROS, J., CARMO, G., PEREIRA, F., GHEYI, H., & TAVARES, J. (2005). Produtividade de banana submetida a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação - Segundo ciclo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10 (1), 38-42.
- HEIDARPOUR, M., MOSTAFAZADEH-FARD, B., KOUPI, J., & MALEKIAN, R. (2007). The effects of treated wastewater on soil chemical properties using subsurface and surface irrigation methods. *Agricultural Water Management* (90), 87-94.
- HERNÁNDEZ, R. V. (2005). Caracterização dos solos da ilha de Santiago (Cabo Verde) numa perspectiva de sustentabilidade ambiental. *Dissertação de Mestrado*. Lisboa, Portugal.
- INE. (2008). *Bases de Dados Estatísticas Oficiais online*. Obtido em Maio de 2011, de Instituto Nacional de Estatística Cabo Verde: <http://www.ine.cv/dadosestatisticos.aspx>
- INE. (Março de 2011). Censo 2010. *Recenseamento Geral da População e Habitação RGPH*. Praia, Cabo Verde: Instituto Nacional de Estatística.
- INE. (2003). Perfil demográfico socio-económico e sanitário de Cabo Verde. *CERPOD*. Praia, Cabo Verde: Instituto Nacional de Estatística - CERPOD.
- INGRH. (2000). Conselho Geral da Água. *Visão Nacional sobre a Água a Vida e o Ambiente no Horizonte 2025*. Praia, Santiago, Cabo Verde.
- INMG, GEF, PNUD. (2007). Estudos sectoriais: Vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas em Cabo Verde. *Projecto NAPA*. Praia, Cabo Verde: Ministério do Ambiente e Agricultura.
- KANAREK, A., & MICHAEL, M. (1996). Groundwater recharge with municipal effluent: Dan region reclamation project, Israel. *Water Science & Technology*, 11, pp. 227-233.
- LALLANA, C., NIXON, S., LEONARD, J., LACK, T. (2001). *Sustainable water use in Europe Part 2: Demand management*. Copenhagen: European Environment Agency.
- LAZAROVA, V., & ASANO, T. (2005). Challenges of Sustainable Irrigation with Recycled Water. In V. Lazarova, & A. Bahri, *Water Reuse for Irrigation agriculture, landscapes, and turf grass* (pp. 1-29). Boca Raton; London; New York, Washington,D.C.: CRC PRESS.
- LAZAROVA, V., & BAHRI, A. (2005). *Water Reuse for Irrigation Agriculture Landscape and Turf grass*. Boca Raton, London, New Work, Washington DC: CRC PRESS.
- LEÃO, P. (2010). Sistemas de rega e drenagem. *Documentos de apoio às aulas*. Lisboa, Portugal: Instituto Superior de Agronomia.
- LEVY, G., FINE, P., & BAR-TAL, A. (2011). *Treated Wastewater in Agriculture: Use and Impact on the Soil Environment and Crops*. Noida: WILEY-BLACKWELL.
- LEVY, J. Q. (2008). *Novas fontes de abastecimento de água - Reutilização e Dessalinização*. Portugal: Ecoserviços.
- MAA, INMG,GEF/PNUD. (2007). Estudos Sectoriais. *Vulnerabilidade e Adaptação às Mudanças Climáticas em Cabo Verde. Projecto NAPA*. Praia, Santiago, Cabo Verde: Ministério do Ambiente e Agricultura.
- MAAP. (2004). Plano Ambiental Intersectorial: Ambiente Agricultura, Silvicultura e Pequária Volume III.7. *Segundo plano Nacional para o Ambiente - PANA II*. Praia, Cabo Verde: MAAP.

- MAAP/GEP. (2003). Ambiente e Gestão Integrada e Sustentável dos Recursos Hídricos. *Plano Intersectorial*. Praia, Santiago, Cabo Verde:MAAP.
- METCALF, & EDDY. (1991). *Wastewater Engineering: Treatment Disposal Reuse* (3ª Edição ed.). Singapura: Mc-Graw-Hill International Edition.
- MONTE, H., & ABUQUERQUE, A. (2010). *Reutilização das águas residuais*. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa e Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos.
- MONTE, H. (1994). Contributo para a utilização de águas residuais tratadas para irrigação em Portugal. *Tese de Doutoramento*. Lisboa, Portugal.
- MORENO, A. (2003). Geração das séries sintéticas de precipitação para o cálculo das necessidades hídricas das culturas em regiões com problemas de carências hídricas. Cabo Verde, ilha de Santiago, Bacia Hidrográfica da ribeira Seca. *Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Hidráulica e RecursosHídricos*. Lisboa: Instituto Superior Técnico - UTL.
- PEREIRA, L., CORDERY, I., & IACOVIDES, I. (2009). *Coping with Water Scarcity*. Portugal; Cyprus; Australia: Springer.
- PINA, A., GOMES, M., SANTOS, F., & ALMEIDA, E. (ND). Caracterização Geoelétrica da Zona Este (Santa Cruz) da Ilha de Santiago (Cabo Verde). Praia, Cabo Verde.
- PINTO, C. (2010). Aspéctos básicos e mecanismos biológicos fundamentais para a compreensão da bioremediação. *Documento de apoio às aulas de Remediação*. Lisboa, Portugal: ISA - UTL.
- PORTNOV, B., & MEIR, I. (2008). Urban water consumption in Israel: convergence or divergence? *Environmental Science & Policy*, pp. 347-358.
- SERAGELDIN, I. (1995). Towards sustainable management of water resources. *Direction in Development Series*.
- SHUVAL, H., ADIN, A., FATTAL, B., RAWITZ, E., & YEKUTIEL, P. (1990). *Wastewater Irrigation in Developing Country - Health Effects and Technical Solution*. UNDP Project Management Report Number 6.
- SILVA, J. (2009). Importância da Horticultura na Segurança Alimentar em Cabo Verde - Estudo de Caso na Ilha do Fogo. *Dissertação de Mestrado*. Lisboa, Portugal.
- SMITH, E., & BADAWY, A. (2010). Bacteria survival experiment for assessment of wastewater reuse in agriculture. (IWA, Ed.) *Water Science & technologie*, 61, pp. 2251 - 2257.
- SOLOMON, C., CASEY, P., MACKNE, C., & LAKE, A. (1998). Ultraviolet Disinfection. *Fact Sheet: Technical overview*. EUA: Environmental Technology Initiative (ETI).
- TAVARES, A. (2001). A problemática da exploração e gestão dos recursos hídricos do concelho de Santa Cruz. *Trabalho científico para apresentado ao ISE para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Naturais*. Praia, Cabo Verde.
- TELLES, D., & COSTA, R. (2007). *Reuso da Água: Conceitos, Teorias e Práticas*. São Paulo: Blucher.
- VAIRAVAMOORTHY, K., GORANTIWAR, S., & PATHIRANA, A. (2008). Managing urban water supplies in developing countries – Climate change and water scarcity scenarios. *Physics and Chemistry of the Earth*, 33, pp. 330-339.
- VASCONCELOS, E. (2005). Algumas considerações sobre a qualidade de água para a rega. *Texto de apoio às aulas práticas de fertilizantes e fertilização*. Lisboa, Portugal.
- WHO, W. H. (2006). *WHO Guidelines for the use of Wastewater Excreta and Greywater; Volume I: Policy and Regulatory Aspects*. France: World Health Organization.
- YULE, H., & ANDERSON, G. (1996). Performance of a combined anaerobic reactor for municipal wastewater treatment at ambient temperature. *Elsevier*, 17, pp. 259-271.

ANEXO I

Quadro I.1-Recomendações da OMS para a qualidade microbiológica das AR usadas na rega

Categoria	Condições de reutilização	Grupos de risco	Nemátodos intestinais (média aritmética do nº de ovos por litro) ^c	Coliformes fecais (média geométrica do nº/100ml ^c)	Tipo de Tratamento necessário para se atingir a qualidade microbiológica requerida
A	Rega de culturas passíveis de serem comidas em cru, campos desportivos, parques públicos ^d	Trabalhadores, consumidores, público em geral	1	1000 ^d	Séries de lagoas de estabilização desenhadas para alcançar a qualidade microbiológica, ou tratamento equivalente
B	Rega de culturas cerealíferas, culturas industriais, culturas forrageiras, pastagens e árvores ^e	Trabalhadores	1	Nenhum valor padrão recomendado	Retenção em lagoas de estabilização por 8 a 10 dias ou equivalente remoção de helmintas e coliformes fecais
C	Rega localizada de culturas na categoria B se não ocorrer exposição aos trabalhadores e ao público	Nenhum	Não aplicável	Não aplicável	Pré-tratamento, tal como exigido pela tecnologia de rega, mas não inferior a sedimentação primária

^a Em casos específicos, a epidemiologia local e os factores socioculturais e ambientais devem ser levados em conta na modificação destas directrizes.

^c durante o período de rega.

^d Uma recomendação mais exigente (<200 coliformes fecais por 100 ml) é apropriada para relvados públicos, tais como os relvados dos hotéis, onde o público pode estar em contacto directo com AR.

^e no caso de árvores frutíferas, a rega deve cessar duas semanas antes do fruto ser colhido, e não devem ser colhidos os frutos caídos na solo. Rega por aspersão não deve ser utilizada.

Fonte: OMS 1989 em (FAO, 1992)

ANEXO II

Quadro II.1: Critérios de qualidade para a água de rega de natureza agronómica

Critérios para interpretação da qualidade de água para a rega

		Grau de restrição ao uso				
		Baixo a				
Potenciais problemas de rega		Unidade	Nenhum	moderado	Severo	
Salinidade (afecta a disponibilidade de água para as culturas)						
ECw (condutividade da água)		dS/m	<0,7	0,7 - 3,0	>3,0	
TDS		mg/L	<450	450 - 2000	>2000	
Permeabilidade (efeito no rácio de infiltração de água no solo. Avaliação conjunta usando Ecw e RAS ou RAS ajustado)						
	RAS =	0-3	e ECw=	>0,7	0,7 - 0,2	<0,2
		3-6		>1,2	1,2 - 0,3	<0,3
		6-12		>1,9	1,9 - 0,5	<0,5
		12-20		>2,9	2,9 - 1,3	<1,3
		20-40		>5,0	5,0 - 2,9	<2,9
Toxicidade a iões específicos (efeito em culturas sensíveis)						
Sódio (Na ⁺)						
Rega superficial		RAS	<3	3 - 9	>9	
Rega por aspersão		meq/L	<3	>3		
Cloretos (Cl ⁻)						
Rega superficial		mg/L	<140	140 - 350	>350	
Rega por aspersão		mg/L	<100	>100		
Efeitos diversos						
Azoto (N-NO ₃ ⁻)		mg/L	<5	5 - 30	>30	
Bicarbonato (HCO ₃)		meq/L	<1,5	1,5 – 8,5	>8,5	
pH	Intervalo normal: 6,5 - 8					

Fonte: Adaptado de FAO (1985) e (Metcalf & Eddy, 1991)

ANEXO III

Quadro III.1: Recomendações portuguesas sobre a reutilização das AR na rega

Class e	Tipo de cultura	Coliformes fecais (UFC/100ml)	Ovos de helmintas (ovo de helminta/l)	Tratamento Apropriado	Notas
A	Vegetais para consumo cru	100	1	Secundário, filtração e desinfecção; ou terciário, filtração e desinfecção	Desinfecção com UV (com limpeza automática) ou O ₃ em vez da cloração
B	Parques e jardins públicos, relvados desportivos, floresta com acesso público livre	200	1	Secundário, filtração e desinfecção; ou terciário, filtração e desinfecção	Desinfecção com UV (com limpeza automática) ou O ₃ em vez da cloração A rega deve evitar o contacto com as pessoas
C	Vegetais para consumo cozinhado, forragens, pomares e vinhas	10 ³	1	Secundário, filtração e desinfecção ou terciário, filtração e desinfecção ou lagoas de estabilização (sistema com mais de 3 lagoas e um TRH superior a 25 dias)	Desinfecção com UV (com limpeza automática) ou O ₃ em vez da cloração A rega dos pomares e das vinhas deve evitar o contacto com os frutos. Os frutos caídos no chão não devem ser aproveitados
D	Cereais (excepto arroz), culturas industriais, culturas para indústria têxtil, culturas para extração do óleo, floresta e vinhas localizados em lugares de difícil acesso, ou com acesso controlado	10 ⁴	1	Secundário, lagoa de maturação (TRH≥10 dias) ou Secundário, filtração e desinfecção	Desinfecção com UV (com limpeza automática) ou O ₃ em vez da cloração A rega deve evitar o contacto com as pessoas

Fonte: NP4434 (2005)

ANEXO IV

Modelos de inquérito aplicados

Quadro IV.1: Modelo do inquérito feito aos utilizadores de ART na rega em Santa Cruz

	Opções de resposta			
Data				
Local				
Nome do agricultor				
Título de Propriedade	Dono	Rendeiro	Trabalhador contratado	
Idade (anos)	<30	30 - 50	50	
Nível de escolaridade?	Analfabeto	Básico	Secundário	Superior
Importância da Agricultura?	Actividade principal	Actividade secundária		
Proximidade da exploração à ETAR	<100 m?	100 a 150 m?	>150 m?	
Área da exploração (ha)?	<0,25	0,25 - 0,5	0,5 - 1	>1
Área cultivada (ha)?	<0,25	0,25 - 0,5	0,5 - 1	>1
Sabe o que são águas residuais?	Sim	Não	Não sabe	
Sabe que culturas regar com ART?	Sim	Não	Não sabe	
Pratica regadio	O ano todo?	Regadio fresco?	Regadio Quente?	
Culturas regadas na época das chuvas				
Culturas regadas na época seca				
Qual o destino da produção?	Consumo doméstico	Mercado regional	Mercado nacional	Indústria
Usa outras origens de água de rega?	Furo	Poço	Água das chuvas captadas	Água da rede pública
Que método de rega usa?	Gota-a-gota	Alagamento	Misto	
Com que frequência da rega?	Diária	2 x por semana	Semanal	2 x por mês
Qual o volume de água gasto em cada rega	Não sabe	(valor)		
Que estruturas para a rega possui?	Reservatório	Moto-bomba	Tubagens	Filtro de areia
Qual o volume semanal de água requerida ao SAAS?	(valor)			
Pretende continuar a usar?	Sim	Não	Não sabe	
Irá aumentar o volume de ART semanal adquirida?				
Aconselharia os outros a usarem?	Sim	Não	Não sabe	
Tem visto alterações na produção com o uso da ART?	Sim	Não	Não sabe	
Que alterações?				
Sente-se à vontade com a informação que possui sobre a RART na rega?	Sim	Não	Precisa de mais informação	-

Quadro IV.2: Modelo do inquérito feito aos potenciais utilizadores de ART na rega em Santa Cruz

	Opções de resposta				
Data					
Local					
Nome do agricultor					
Título de Propriedade	Dono	Rendeiro	Trabalhador contratado		
Idade (anos)	<30 anos	30 - 50	50 anos		
Nível de escolaridade	Analfabeto	Básico	Secundário	Superior	
Importância da Agricultura	Actividade principal	Actividade secundária			
Pratica regadio em	Período fresco	Período quente			
Área da exploração (ha)	<0,25	0,25 - 0,5	0,5 - 1	>1	
Área cultivada	<0,25	0,25 - 0,5	0,5 - 1	>1	
Regime de exploração	Sequeiro	Regadio	Misto		
Pratica de regadio em que regime?	Monocultura	Pluricultura			
Culturas regadas?	Hortícolas	Frutícolas			
Cultura e área de cobertura (%)					
Origem da agua de rega	Furo próprio?	Furo de associação de agricultores?	Poço próprio	Poço de associação de agricultores?	Rede de abastecimento? Água das chuvas captadas pelo telhado
Distância da exploração ponto de água - furo ou poço (m)	<100	>100			
Método de rega	Alagamento por sulcos	Rega gota-a-gota	Mista		
Condução de água para a exploração	Tubagens	Levada em terra abatida	Levada em betão		
Frequência mensal de rega	4	3	2		
Dotação de rega (m³/regas)					
Encargos com a água de rega?	0	Unicamente Combustível	com	o	Valor
Uso de fertilizantes	Sim	Não			
Uso do Estrume	Sim	Não			
Uso do NPK	Sim	Não			
Uso da Ureia	Sim	Não			
Produziu nos últimos10anos?	Sim	não			
Satisfação com a produção nos últimos 10 anos	Muito satisfeito?	Satisfeito?	Pouco satisfeito?	Insatisfeito?	
Sabe o que são ART?	Sim	Não			
Sabe dos cuidados a ter na RART?	Sim	Não			
Pretende utilizar as ART na rega?	Sim	Não	não sabe		
Mudaria a tecnologia de rega para gota-a-gota se preciso fosse?	Sim	Precisaria de ajuda financeira	Não	Não sabe	
Contribuiria financeiramente para construção da rede de distribuição de água?	Sim	Precisaria de ajuda financeira	Não	Não sabe	

ANEXO V

Quadro V.1: Modelo do inquérito feito à comunidade de Santa Cruz

Opções de resposta						
Nº						
Data						
Sexo	F	M				
Local						
Número pessoas no agregado familiar						
Número de adultos						
Sexo do chefe da família	F	M				
Idade do chefe da família	<30	30 -50	>50			
Está ligada à rede de água?	Sim	Não				
Escalão de consumo	<=1320	1320 a 2800	>3000			
Actividade maior consumo de água?	Cozinha	Casa de banho	Lavandaria	Outros		
Tem Casa de banho?	Sim	Não				
Possui fossa séptica?	Sim	Não				
Está ligada à rede de drenagem de águas residuais?	Sim	Não				
Tem máquina de lavar?	Sim	Não				
Deposita água das lavagens na rede de AR?	Sim	Não				
Cria porcos em casa?	Sim	Não				
A pocilga está ligada à rede de drenagem de AR?	Sim	Não				
Usa recipientes para armazenamento de água de consumo (tanques, cisternas, bidões, ...)?	Sim	Não				
Está satisfeito com a água distribuída (qualidade, frequência)?	Sim	Não				
Já ouviu falar da RART?	Sim	Não				
Sabe o que significa?	Sim	Não				
Conhece os riscos sanitários do consumo de produtos regados com ART?	Sim	Não				
Sabe se usou produtos agrícolas regados com ART?	Sim	Não				
Tem alguma objecção ao uso de produtos agrícolas regados com ART ?	Sim	Não				
Que uso considera mais adequado para as ART?	Rega agrícola	Lavar carros	Regar jardins	Construção civil	Lançar ao mar	Outros

ANEXO VI

Métodos e metodologias de análise utilizados

Quadro VI.1: Parâmetros analisados, unidades de expressão dos resultados e metodologia de análise

Parâmetros	Unidade	Método/ Metodologia da análise
Coliformes Totais	UFC /100ml	Determinação do Número mais Provável (NMP)
Coliformes fecais	UFC/100ml	Determinação do Número mais Provável (NMP).
E. Coli	Presença	Teste de Kova-s
Temperatura	(°C)	Termometria
CE (25°C)	(mS/cm)	Electrometria
TDS	(mg/L)	Electrometria
pH	Escala Sorensen	Electrometria
Turvação	UNT	Unidade nefelométrica
CQO	mgO ₂ /L	Método do dicromato de potássio
CBO ₅	mgO ₂ /L	Determinação do O ₂ dissolvido antes e após cinco dias de incubação a 20°C
ST	(mg/L)	Gravimetria
STV	(mg/L)	Gravimetria
SST	(mg/L)	Gravimetria
SSTV	(mg/L)	Gravimetria
Azoto kjeldahl	(mg N/L)	Método kjeldahl.
Azoto orgânico	(mg N/L)	Obtido pelo cálculo da diferença entre o kjeldahl e o azoto
Azoto amoniacal	(mg NH ₄ ⁺ /L)	Espectrometria de absorção molecular; Destilação - Volumetria
Fósforo Total	(mgP ₂ O ₅ /L)	Espectrometria de absorção molecular
Cloretos	(mg Cl ⁻ /L)	Volumetria -Método de Mohr
Sulfatos	(mgSO ₄ ²⁻ /L)	Electrometria -Turbidez do sulfato de bário
Cálcio	(mgCa ²⁺ /L)	Volumetria; Espectrometria de absorção atómica.
Magnésio	(mgMg ²⁺ /L)	Volumetria; Espectrometria de absorção atómica.
Sódio	(mgNa ⁺ /L)	Espectrometria de absorção atómica.
Potássio	(mgK ⁺ /L)	Espectrometria de absorção atómica.
Cobre	(mgCu/L)	Espectrometria de absorção atómica.
Zinco	(mgZn/L)	Espectrometria de absorção atómica.
Ferro	(mgFe/L)	Espectrometria de absorção atómica.
Manganês	(mgMn/L)	Espectrometria de absorção atómica.

Quadro VI.2: Parâmetros analisados e métodos de análise das amostras de solo

Teor de humidade	Gravimetria
Densidade aparente	Gravimetria
Teor de matéria orgânica	Análise do carbono orgânico pela oxidação ácida (Walkley-Black),
Textura	Método de sedimentação
Condutividade eléctrica (10g solo:25ml H ₂ O)	electrometria (1:2)
pH (em H ₂ O)	electometria
pH (em KCl)	electometria
N-NO ₃ -	Espectrometria de absorção molecular
N-NH ₄ +	Espectrometria de absorção molecular
Fósforo extraível (P ₂ O ₅)	Espectrometria de absorção molecular
Potássio (K ₂ O)	Espectrometria de absorção atómica
Capacidade de troca catiónica	Método de Mehlich

ANEXO VII

Mapa de localização da ilha de Santiago



ANEXO VIII

Necessidade de água para rega para as culturas de cana-de-açúcar, bananeira e milho

Quadro VII.1: Necessidades diárias de água de rega para a cultura da cana-de-açúcar nos municípios de Santiago

Municípios	Volumes necessários para a cultura da cana-de-açúcar (m ³ /dia)										
	Meses										
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
Santa Cruz e São Lourenço dos Órgãos	1111,25	9047,56	9067,19	8975,18	9573,12	9989,93	10319,08	10604,75	11058,85	5131,78	53,32
Tarrafal	**	362,73	414,32	404,46	437,72	455,32	470,33	484,15	504,04	227,48	**
Praia e Ribeira Grande de Santiago	1426,20	7975,88	6340,12	6377,78	6840,73	7096,70	7330,53	7526,39	7798,89	3725,49	860,32
Santa Catarina e São Salvador do mundo	**	4072,02	4039,81	3983,33	4250,14	4430,31	4576,28	4713,74	4838,05	2172,15	**
São Domingos	193,68	2416,69	2362,61	2412,39	2562,75	2717,03	2804,92	2882,06	3006,73	1425,53	**
São Miguel	344,60	2805,67	2811,75	2783,22	2968,64	3097,90	3199,97	3288,55	3429,37	1591,37	16,54

Quadro VII.2: Necessidades diárias de água de rega para a cultura da bananeira nos municípios de Santiago

Municípios	Volumes necessários para a cultura da bananeira (m ³ /dia)											
	Meses											
	Out*	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Santa Cruz e São Lourenço dos Órgãos	3323,04	4061,73	4381,79	4331,66	9512,55	9937,81	10265,24	10546,13	11001,15	8952,93	3088,84	1755,8
Tarrafal	0,96	0,83	1,29	1,23	2,79	2,9	3	3,09	3,21	2,57	0,58	**
Praia e Ribeira Grande de Santiago	3,13	3,07	3,05	3,13	6,91	7,17	7,41	7,6	7,87	6,55	3,17	1,05
Santa Catarina e São Salvador do mundo	**	12,8	13,46	13,18	28,94	30,19	31,19	32,13	32,91	26,4	4,18	**
São Domingos	1,21	1,47	1,89	2,02	4,47	4,76	4,91	5,04	5,26	4,34	1,2	**
São Miguel	0,83	1,01	1,09	1,08	2,36	2,47	2,55	2,62	2,73	2,23	0,77	0,44

*A necessidade de água de rega no mês de Outubro corresponde à média entre as necessidades para este mês no primeiro e no segundo ano da bananeira

Quadro VII.3: Necessidades diárias de água de rega por ha da cultura do milho nos municípios de Santiago (m³/ha.dia)

Municípios	Volumes necessários para a cultura do milho (m ³ /ha.dia)											
	Meses											
	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
Santa Cruz e São Lourenço dos Órgãos	3323,04	26,35	47,24	**	**	**	14,37	38,09	51,56	74,04	52,89	27,32
Tarrafal	0,96	26,35	46,33	**	**	**	**	**	8,91	31,59	52,89	27,32
Praia e Ribeira Grande de Santiago	3,13	26,24	42,49	**	**	**	**	**	**	**	52,83	27,31
Santa Catarina e São Salvador do mundo	**	25,83	47,97	**	**	**	27,13	49,93	63,41	86,27	52,89	27,32
São Domingos	1,21	25,38	45,72	**	**	**	**	**	0,95	23,50	52,89	27,32
São Miguel	0,83	26,33	47,96	**	**	**	**	9,92	22,70	44,21	52,89	27,28

ANEXO IX

Quadro VIII.1: Qualidade de água para consumo humano distribuída no município de Santa Cruz

Parâmetro	Unidade	N (número de determinações)	Valores obtidos (média aritmética de N determinações)
Temperatura	°C	3	21,400
Microrganismos viáveis	ufc/100ml	5	0,000
Coliformes totais	ufc/100ml	5	0,000
Coliformes fecais	ufc/100ml	5	0,000
Pesquisa de E. Coli	ufc/100ml	5	0,000
Contagem de enterococcus	ufc/100ml	3	0,000
<i>Clostridium perfringens</i>	ufc/100ml	3	0,000
Cloro residual	mg(Cl ₂)/L	2	1,000
Condutividade eléctrica	µS/cm	4	700,750
pH		5	6,9
Sólidos totais dissolvidos	mg/l	2	268,000
Turvação	UNT	1	4,000
Ferro	µg/L	3	60,000
Nitratos	mg/l	5	16,200
Nitritos	mg/l	5	0,034
Cloretos	mg/l	4	115,750
Sulfatos	mg/l	2	35,500
Cálcio	mg/L Ca ²⁺	2	16,000
Magnésio	mg/L Mg ²⁺	2	26,500
Dureza	mg/L	2	150,000
	CaCO ₃		
Alcalinidade total	mg/L	2	96,000
	CaCO ₃		
Carbonatos	mg/L CO ₃ ²⁻	2	0,000
Salinidade	‰	2	0,250

Fonte: Boletins de análises de controle da qualidade de água - SAAS

ANEXO X

Diagnóstico do saneamento em Santiago
Quadro XI.1: O diagnóstico do saneamento no meio urbano

Municípios de Santiago	Saneamento no meio Urbano											
	População		População		População servida		População servida por		População servida pela rede		População servida por	
	residente no meio		servida com água		por rede pública de		outras formas de		de drenagem AR		fossas sépticas	
	urbano		potável		abastecimento		abastecimento					
	Habitantes	%	Habitantes	%	Habitantes	%	Habitantes	%	Habitantes	%	Habitantes	%
Tarrafal	6182	33	5688	92	4161	67	2022	33	928	15,02	2906	47
Santa Catarina	12037	28	9738	81	5441	45	6596	55	0*	0*	6259	52
Santa Cruz	9343	35	8324	89	5848	63	3494	37	2129	22,79	2803	30
Praia	127899	97	125853	98	63566	50	64333	50	26344	20,6	65229	51
S. Domingos	2582	19	2091	81	813	31	1769	69	0	0	955	37
Calheta de S. Miguel	4225	27	3126	74	2248	53	1977	47	0	0	1563	37
S. Salvador do Mundo	1406	16	607	43	221	16	1185	84	0	0	492	35
S. Lourenço dos Órgãos	1699	23	1161	68	1035	61	664	39	0	0	697	41
Ribeira Grande	1215	15	792	65	581	48	634	52	0	0	389	32

* Embora valores do Censo 2010 apontem a existência de evacuação de AR através da rede de drenagem, os serviços municipais do saneamento confirmam não existir este serviço no município.

Quadro XI.2: O diagnóstico do saneamento no meio rural

Municípios de Santiago	Saneamento no meio Rural											
	População		População		População servida		População servida por		População servida		População servida por	
	residente no		servida com água		pela rede pública de		outras formas de		pela rede de		fossas sépticas	
	meio rural		potável		abastecimento		abastecimento		drenagem AR			
	Habitantes	%	Habitantes	%	Habitantes	%	Habitantes	%	Habitantes	%	Habitantes	%
Tarrafal	6182	67	5688	92	4161	67	2022	33	0	0	2906	47
Santa Catarina	12037	72	9738	81	5441	45	6596	55	0	0	6259	52
Santa Cruz	9343	65	8324	89	5848	63	3494	37	0	0	2803	30
Praia	127899	3	125853	98	63566	50	64333	50	0	0	65229	51
S. Domingos	2582	81	2091	81	813	31	1769	69	0	0	955	37
Calheta de S. Miguel	4225	73	3126	74	2248	53	1977	47	0	0	1563	37
S. Salvador do Mundo	1406	84	607	43	221	16	1185	84	0	0	492	35
S. Lourenço dos	1699	77	1161	68	1035	61	664	39	0	0	697	41
Ribeira Grande	1215	85	792	65	581	48	634	52	0	0	389	32

ANEXO XI

Quadro X.1: Produção das fruteiras em pomares e área da bananeira nos municípios de Santiago

	Número de fruteiras em pomares							% da	Área dos pomares ocupada pela bananeira (ha)
	Banana	Papaia	Manga	Coco	Uva	Abacate	... Total	bananeira	
Santiago	219.495	17.708	250	362	300	62	238.191	92	197,55
Tarrafal	100	0	0	0	0	0	100	100	0,09
Santa Catarina	630	130	100	0	0	50	910	69	0,567
Santa Cruz	218.405	17.031	119	314	300	8	236.178	92	196,56
Praia	150	400	16	23	0	4	595	25	0,135
São Domingos	150	147	15	25	0	0	345	43	0,135
Calheta	60	0	0	0	0	0	60	100	0,054

Fonte: Adaptado do RGA (2004); Dados referentes a explorações familiares que representam 90,4% das explorações agrícolas da ilha.

Quadro X.2: Distribuição da área de regadio por cultura e tipo de rega para os cenários de 1 e 2 (ha)

Cenários-	Municípios	Cana-de-açúcar		Bananeira		Repolho		Tomate		Pimentão	
		Alagamento	Gota-a-gota	Alagamento	Gota-a-gota	Alagamento	Gota-a-gota	Alagamento	Gota-a-gota	Alagamento	Gota-a-gota
1	Santa Cruz e São Lourenço dos Órgãos	48,86	3,06	48,86	3,06	107,58	6,75	78,86	4,95	41,56	2,61
	Tarrafal	1,71	1,39	1,71	1,39	3,76	3,07	2,76	2,25	1,45	1,18
	Santa Catarina e São Salvador do mundo	21,85	0,86	21,85	0,86	48,11	1,90	35,27	1,39	18,59	0,73
	Praia e Ribeira Grande de Santiago	34,53	2,59	34,53	2,59	76,03	5,69	55,73	4,17	29,37	2,20
	S. Domingos	9,49	9,53	9,49	9,53	20,89	20,99	15,32	15,39	8,07	8,11
	Calheta de S. Miguel	14,08	3,40	14,08	3,40	30,99	7,49	22,72	5,49	11,97	2,89
2	Santa Cruz e São Lourenço dos Órgãos	146,57	9,19	114,00	7,15	30,74	1,93	22,53	1,41	11,87	0,74
	Tarrafal	5,12	4,18	3,98	3,25	1,07	0,88	0,79	0,64	0,42	0,34
	Santa Catarina e São Salvador do mundo	65,55	2,59	50,98	2,01	13,75	0,54	10,08	0,40	5,31	0,21
	Praia e Ribeira Grande de Santiago	103,59	7,76	80,57	6,03	21,72	1,63	15,92	1,19	8,39	0,63
	S. Domingos	28,47	28,60	22,14	22,25	5,97	6,00	4,38	4,40	2,31	2,32
	Calheta de S. Miguel	42,23	10,21	32,84	7,94	8,86	2,14	6,49	1,57	3,42	0,83

Cenário 1 – corresponde à situação de ocupação do solo cuja necessidade de água de rega é menor

Cenário 2 - corresponde à situação de ocupação do solo cuja necessidade de água de rega é maior

ANEXO XII

Necessidades de água para rega por cenários

Quadro XI.1: Necessidades diárias de água para rega nos municípios da ilha de Santiago ao longo do ano – Cenário 1

Município	Necessidades de água (m ³ /dia)											
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Santa Cruz +São Lourenço dos Órgãos	748	4712	6053	5797	8944	11411	10676	8203	6780	4024	586	327
Tarrafal+Calheta São Miguel	375	1738	2307	2145	3259	4118	3844	2934	2415	1512	308	157
Praia+Ribeira Grande de Santiago	1122	4088	4338	4274	6529	8125	7595	5816	4782	3078	1183	299
Santa Catarina+São Salvador do mundo	11	4442	5295	5185	8017	10100	9451	7280	5961	3494	176	0
Total diário	2256	14980	17993	17401	26749	33754	31567	24233	19938	12107	2253	783
Total de anual (10 ⁶ m ³) -												6,171

Quadro XI.2: Necessidade diária de água para rega nos municípios da ilha de Santiago ao longo do ano – Cenário2

Município	Necessidades de água (m ³ /dia)											
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Santa Cruz +São Lourenço dos Órgãos	1827	11363	12094	12018	16575	17971	18253	17980	18223	10427	1376	763
Tarrafal+Calheta São Miguel	913	4133	4441	4346	5953	6417	6511	6402	6491	3923	722	366
Praia+Ribeira Grande de Santiago	2773	9980	8628	8691	11946	12780	12974	12752	12856	7992	2947	697
Santa Catarina+São Salvador do mundo	28	10568	10649	10697	14781	15919	16170	15953	16024	9048	411	0
Total diário	2256	36045	35812	35752	49254	53087	53907	53087	53594	31391	5455	1827
Total de anual (10 ⁶ m ³) -												12,447

ANEXO XIII

Qualidade microbiológica dos efluentes da ETAR de Santa Cruz

Quadro XII.1 Teor de coliformes totais nos efluentes da ETAR de Santa Cruz

Amostra	Coliformes Totais (UFC/100ml)											
	Ano 2010											Ano 2011
	01-Set	25-Out	02-Nov	08-Nov	15-Nov	18-Out	22-Nov	29-Nov	06-Dez	21-Dez	27-Dez	04-Jan
Efluente da decantação/digestão		4,50 ×10 ⁴		2,4 ×10 ³	3 ×10 ⁵			1,7 ×10 ⁵				
Efluente filtrado				3,4×10 ³	4 ×10 ²			1,3 ×10 ³	6×10 ²			5×10 ²
Efluente Final	4×10 ²	8×10 ²	8×10 ²	2,4×10 ⁴	2,2×10 ³	4 ×10 ²	2 ×10 ³	1,1×10 ⁴	0	4×10 ²	1×10 ²	0

Quadro XII.2: Teor dos coliformes fecais nos efluentes da ETAR de Santa Cruz

Amostra	Coliformes Fecais UFC/100ml											
	Ano 2010											Ano 2011
	01-Set	25-Out	02-Nov	08-Nov	15-Nov	18-Out	22-Nov	29-Nov	06-Dez	21-Dez	27-Dez	04-Jan
Efluente da decantação/digestão		6,9 ×10 ⁴		4,9 ×10 ²	3,1×10 ⁵			1,1 ×10 ⁵				
Efluente filtrado				4,9 ×10 ³	0			2×10 ²	0			3×10 ²
Efluente Final	6 ×10 ²	2 ×10 ²	6 ×10 ²	0	0	2 ×10 ²	4,9×10 ³	0	0	0	0	0

ANEXO XIV

Qualidade físico-química do afluente e dos efluentes das ETAR de Santa Cruz

Amostra: 1 - Águas residuais brutas; 2 - Efluente pré-tratado; 3 – Efluente da decantação/digestão 4

– Efluente da filtração; 5 – Efluente final

Quadro XIII.1: Temperatura, CE, SDT, pH e turbidez na sequência do tratamento

Amostra	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Temperatura (°C)					
2	3	31,13	0,57	30,5	31,6
3	4	31,38	1,1	30,6	33
4	7	30,79	2,5	25,6	33,8
5	6	32,03	0,92	31,4	33,8
CE (dS/m)					
1	3	4,04	0,53	3,43	4,41
2	10	3,51	0,47	2,79	4,41
3	11	3,47	0,5	2,77	4,37
4	11	2,8	0,36	2,37	3,46
5	14	2,7	0,34	2,35	3,37
SDT determinado por electrometria (mg/L)					
1	3	1872	98,36	1767	1962
2	10	1730	160,64	1427	1958
3	11	1711,45	150,76	1457	1940
4	9	1380,67	107,55	1237	1534
5	11	1333,64	101,78	1198	1497
pH (Escala de Sorenson)					
1	3	7,14	0,81	6,21	7,73
2	10	7,63	0,17	7,28	7,8
3	11	7,7	0,09	7,53	7,86
4	11	7,3	0,25	7,04	7,91
5	14	7,3	0,26	7,02	7,91
Turbidez (UNT)					
1	3	447	184,66	272	640
2	3	394,17	109,86	268,5	472
3	6	178,4	140,18	58,4	406
4	6	6,63	5,93	1,1	14
5	7	6,04	5,05	0,5	11,1

Quadro XIII.2: Teor do CQO e CBO₅ na sequência do tratamento

<i>Amostra</i>	<i>N</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio padrão</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Carência química de oxigênio CQO (mgO₂/L)					
1	3	1339,93	287,05	1031,94	1600
2	9	1469,06	561,12	510	2265
3	7	307,58	122,78	128	470
4	6	39,4	22,39	15	30
5	5	21,13	14,32	10	46
Carência bioquímica de oxigênio - CBO₅ (mgO₂/L)					
1	3	816,67	199,89	586	939
2	3	774,5	216,18	643	1024
3	3	102,28	75,73	46,5	188,5
4	3	1,23	1,08	0	2
5	3	1,73	1,7	0	3,4

Quadro XIII.3: Teor dos ST, STV, SST, SSTV na sequência do tratamento

<i>Amostra</i>	<i>N</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio padrão</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Sólidos totais - ST (mg/L)					
1	3	2165,56	203,86	1946,67	2350
2	10	2240,12	355,04	1575	2917
3	10	1416,73	106,46	1250	1591,67
4	6	2096,11	197,02	1865	2341,67
5	9	2101,8	176,23	1910	2375
Sólidos totais voláteis - STV (mg/L)					
1	3	871,11	186,76	663,33	1025
2	10	1275,75	507,12	450	2050
3	10	644,45	240,34	283,33	875
4	6	1183,61	206,6	800	1375
5	9	1341,02	156,41	1077,5	1600
Sólidos suspensos totais - SST (mg/L)					
1	3	771,11	312,78	430	1044,44
2	10	738,15	190,36	476,67	1088,89
3	10	165,16	49,31	92	246
4	10	13,3	26,6	0	83
5	11	6,14	14,2	0	42,5
Sólidos suspensos totais voláteis - SSTV (mg/L)					
1	3	588,89	227,98	366,67	822,22
2	3	570,37	257,56	400	866,67
3	3	128,33	86,38	75	228
4	3	11,5	11,03	0	22
5	3	4	6,9	0	12

Quadro XIII.3: Teor das formas de azoto ao longo da sequência do tratamento

Amostra	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Azoto kjeldahl (mg /L)					
1	3	219,92	8,55	210,67	227,54
2	3	230,56	5	225,57	235,56
3	3	216,8	5,06	212,51	222,38
4	3	0,37	0,63	0	1,1
5	2	0	0	0	0
Azoto amoniacal (mg/L)					
1	3	186,78	19,80	165,4	204,49
2	3	193,23	7,94	184,74	200,48
3	3	201,82	7,59	196,47	210,5
4	3	5,71	5,88	0	10,12
5	2	0	6,22	0	0
Azoto orgânico (mg/L)					
1	3	33,14	14,53	17,04	45,28
2	3	37,33	6,29	30,07	41,1
3	3	14,98	12,08	2	25,91
4	3	0,37	0,63	0	1,1
5	3	0	0	0	0
Nitratos (mg/L)					
1	3	2,9	0,15	2,75	3,21
2	3	2,61	0,3	2,21	3,21
3	3	2,73	0,46	1,93	3,5
4	5	149,44	8,09	125	171,25
5	8	125,67	12,1	100	186,63

Quadro XIII.4: Teor do fósforo, potássio e sulfatos na sequência do tratamento

Amostra	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Fósforo total (mg/L)					
1	3	26,54	2,07	25,21	28,93
2	3	25,05	6,1	20,52	31,98
3	3	21,67	1,89	19,94	23,69
4	3	6,43	1,94	4,19	7,62
5	2	7,61	0,31	7,4	7,83
Potássio (mg/L)					
1	3	64,63	26,96	44,13	95,17
2	3	80,03	30,43	51,67	112,17
3	3	79,13	34,62	43,67	112,83
4	3	149,19	119,92	48,25	281,75
5	2	213	223,09	55,25	370,75

Sulfatos (mg/L)					
1	3	30,63	25,31	6,78	57,18
2	3	33,95	25,99	10,4	61,84
3	3	—	—	—	—
4	3	96,37	8,04	88,42	104,48
5	2	85,04	5,91	80,86	89,22

Quadro XIII.5: Teor de cálcio, magnésio, sódio, RAS e cloretos na sequência do tratamento

<i>Amostra</i>	<i>N</i>	<i>Média</i>	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Cálcio (mg/L) (espectrometria de absorção atômica)					
1	2	233,96	95,75	166,25	301,67
2	2	236,04	98,70	166,25	305,83
3	2	208,13	186,50	76,25	340,00
4	2	251,46	187,68	118,75	384,17
5	1	153,75	—	153,75	153,75
Magnésio (mg/L) (espectrometria de absorção atômica)					
1	2	80,69	9,99	73,63	87,75
2	2	74,33	15,67	63,25	85,42
3	2	207,25	212,49	57,00	357,50
4	2	84,83	20,98	70,00	99,67
5	1	71,63	—	71,63	71,63
Sódio (mg/L)					
1	2	411,71	6,19	407,33	416,08
2	2	385,08	14,38	374,92	395,25
3	2	390,50	14,26	380,42	400,58
4	2	400,67	9,66	393,83	407,50
5	1	392,92	—	—	—
Razão de absorção do sódio - RAS					
1	2	4,8	0,8	4,2	5,4
2	2	5,5	0,5	5,1	5,8
3	2	4,9	1,8	3,6	6,2
4	2	10,4	8	4,8	16
5	1	17,5	—	—	—
Cloretos (mg/L)					
1	3	448,19	42,33	421,56	497
2	5	439,96	41,04	389,95	497
3	7	466,8	141,48	354,5	779
4	6	375,08	34,73	336,78	426
5	8	373,62	39,2	319	426

Quadro XIII.6: Teor de cálcio e magnésio na sequência do tratamento segundo o método de análise

Amostra	Cálcio (mg/L)				Magnésio (mg/L)			
	Volumetria		Absorção atômica		Volumetria		Absorção atômica	
	N	Média	N	Média	N	Média	N	Média
1	—		2	233,96	—		3	76,21
2	3	53,33	2	236,04	3	14,58	3	70,75
3	4	68,00	2	208,13	4	34,01	3	157,00
4	3	130,67	2	251,46	3	62,93	3	80,81
5	5	138,56	1	153,75	5	53,15	2	72,98